

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 2月 28日

出願番号 Application Number: 特願 2003-055019

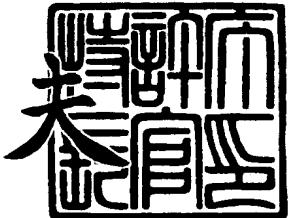
[ST. 10/C]: [JP 2003-055019]

出願人 Applicant(s): セイコーエプソン株式会社

2003年10月29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



【書類名】

特許願

【整理番号】

15P068

【あて先】

特許庁長官 殿

【国際特許分類】

H02N 2/00

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 宮澤 修

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 橋本 泰治

【特許出願人】

【識別番号】 000002369

【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100091292

【弁理士】

【氏名又は名称】 増田 達哉

【連絡先】 3595-3251

【選任した代理人】

【識別番号】 100091627

【弁理士】

【氏名又は名称】 朝比 一夫

【連絡先】 3595-3251

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007593

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0015134

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 超音波モータ、稼働装置、光学系切換機構および電気機器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 交流電圧の印加により伸縮する第1圧電素子と、接触部および腕部を一体的に形成された補強板と、交流電圧の印加により伸縮する第2圧電素子とをこの順に積層してなり、前記接触部にて被駆動体に対して当接しつつ前記腕部にて固定設置される振動体を備える超音波モータであって、

前記振動体の本体部の長さ寸法が、前記交流電圧の印加により伸縮する方向（以下伸縮方向と呼ぶ）にて1～20mmであることを特徴とする超音波モータ。

【請求項 2】 前記振動体の本体部の長さ寸法が、前記伸縮方向にて18m未満である請求項1に記載の超音波モータ。

【請求項 3】 前記腕部は、前記本体部の伸縮方向の略中央に設けられている請求項1または2に記載の超音波モータ。

【請求項 4】 前記本体部は前記伸縮方向と略直角方向に短辺を有し、前記接触部は、前記短辺の略中央に設けられている請求項1ないし3のいずれかに記載の超音波モータ。

【請求項 5】 前記本体部は前記伸縮方向と略直角方向に短辺を有し、前記接触部は、前記短辺の略中央から外れた位置に設けられている請求項1ないし3のいずれかに記載の超音波モータ。

【請求項 6】 前記接触部は、前記伸縮方向にかかる前記本体部の中心線から外れた位置に設けられている請求項1ないし3のいずれかに記載の超音波モータ。

【請求項 7】 前記接触部は、前記本体部の前記伸縮方向に部分的に突出して設けられている請求項1ないし6のいずれかに記載の超音波モータ。

【請求項 8】 前記腕部は、前記振動体の振動の節にて該振動体を支持する請求項1ないし7のいずれかに記載の超音波モータ。

【請求項 9】 前記伸縮方向にかかる前記振動体の本体部の長さが、前記伸縮方向に対して垂直な方向にかかる前記振動体の本体部の長さよりも長い請求項1ないし8のいずれかに記載の超音波モータ。

【請求項10】 前記振動体は、振動状態にて縦振動および屈曲振動の複合振動を行い、かつ、前記縦振動の共振周波数と前記屈曲振動の共振周波数とが相互に異なると共に相互に近接する請求項1ないし9のいずれかに記載の超音波モータ。

【請求項11】 請求項1ないし10のいずれかに記載の超音波モータと、前記超音波モータから駆動力を付与されて駆動される被駆動体とを有することを特徴とする稼働装置。

【請求項12】 前記被駆動体が、ロータ部を有すると共に、当該ロータ部にて前記超音波モータから振動を伝達されて回転駆動される請求項11に記載の稼働装置。

【請求項13】 前記被駆動体は、周面を有すると共に、該周面にて前記超音波モータに当接するように設けられ、該超音波モータから振動が伝達され、駆動される請求項11または12に記載の稼働装置。

【請求項14】 請求項1ないし10のいずれかに記載の超音波モータと、前記超音波モータから駆動力を付与されて駆動される被駆動体と、光学系と、

前記被駆動体と連動し、前記光学系に対する切換機構とを有することを特徴とする光学系切換機構。

【請求項15】 前記切換機構は、絞り部、フィルタ部およびメカニカルシャッタのうちの少なくとも1つを有する請求項14に記載の光学系切換機構。

【請求項16】 請求項1ないし10のいずれかに記載の超音波モータと、前記超音波モータから駆動力を付与されて駆動される被駆動体とを有することを特徴とする電気機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波モータ、稼働装置、光学系切換機構および電気機器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来から、振動体を振動させて、ロータやリニアアクチュエータ等の被駆動体を駆動する超音波モータが知られている。この超音波モータでは、振動体が圧電素子を備え、この圧電素子に交流電圧を印加されて振動する。かかる技術としては、特許文献1に記載される技術が知られている。

【0003】

【特許文献1】

特開2000-333480号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の超音波モータにおいて、振動体の寸法と、駆動の確実性や落下時における駆動ICの破損との関係に関する研究は余り為されていない。

本発明の目的は、駆動の確実性を向上すると共に、落下時における駆動ICの破損を効果的に防止（または抑制）できる超音波モータ、稼働装置、光学系切換機構および電気機器を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の超音波モータは、交流電圧の印加により伸縮する第1圧電素子と、接触部および腕部を一体的に形成された補強板と、交流電圧の印加により伸縮する第2圧電素子とをこの順に積層してなり、前記接触部にて被駆動体に対して当接しつつ前記腕部にて固定設置される振動体を備える超音波モータであって、

前記振動体の本体部の長さ寸法が、前記交流電圧の印加により伸縮する方向（以下伸縮方向と呼ぶ）にて1～20mmであることを特徴とする。

【0006】

この発明において、圧電素子に交流電圧を印加すると、振動体が高速かつ反復的に振動する。この振動は、振動体の接触部を介して被駆動体に伝達され、被駆動体が接触部により叩かれて駆動される。ここで、この超音波モータでは、振動体の本体部の長さ寸法が、伸縮方向にて1～20mmに構成される。すると、超

音波モータの駆動時に、接触部が、振動体の振動により被駆動体の表面粗さを確実に乗り越え得るので、被駆動体を確実に駆動できる利点がある。また、落下等により外部からの衝撃が超音波モータに加わったときに、超音波モータの駆動ICに許容電圧以上の電圧が生じないので、駆動ICの電気的破損を効果的に抑制できる利点がある。

【0007】

本発明の超音波モータでは、前記振動体の本体部の長さ寸法が、前記伸縮方向にて18mm未満であるのが好ましい。

これにより、被駆動体をより適切に駆動できると共に、駆動ICの電気的破損をより効果的に抑制できる利点がある。

本発明の超音波モータでは、前記本体部の平面視での形状は、略長方形をなしているのが好ましい。

【0008】

本発明の超音波モータでは、前記腕部は、前記本体部の伸縮方向の略中央に設けられているのが好ましい。

本発明の超音波モータでは、前記本体部は前記伸縮方向と略直角方向に短辺を有し、前記接触部は、前記短辺の略中央に設けられているのが好ましい。

本発明の超音波モータでは、前記本体部は前記伸縮方向と略直角方向に短辺を有し、前記接触部は、前記短辺の略中央から外れた位置に設けられているのが好ましい。

これにより、通電により振動体が伸縮したときに、縦振動および屈曲振動の複合振動が振動体に容易に誘発されるので、振動体の駆動効率を高められる利点がある。

【0009】

本発明の超音波モータでは、前記接触部は、前記伸縮方向にかかる前記本体部の中心線から外れた位置に設けられているのが好ましい。

これにより、通電により振動体が伸縮したときに、縦振動および屈曲振動の複合振動が振動体に容易に誘発されるので、振動体の駆動効率を高められる利点がある。

本発明の超音波モータでは、前記接触部は、前記本体部の前記伸縮方向に部分的に突出して設けられているのが好ましい。

【0010】

本発明の超音波モータでは、前記接触部は、前記接触部の突出方向にかかる本体部の中心線から外れた位置に設けられているのが好ましい。

これにより、通電により振動体が伸縮したときに、縦振動および屈曲振動の複合振動が振動体に容易に誘発されるので、振動体の駆動効率を高められる利点がある。

【0011】

本発明の超音波モータでは、前記腕部は、前記振動体の振動の節にて該振動体を支持するのが好ましい。

これにより、振動体の振動時にて、腕部が振動体の振動を阻害せず、腕部から外部への振動漏れを抑制できるので、被駆動体を効率的に駆動できる利点がある。

本発明の超音波モータでは、前記伸縮方向にかかる前記振動体の本体部の長さが、前記伸縮方向に対して垂直な方向にかかる前記振動体の本体部の長さよりも長いことが好ましい。

【0012】

本発明の超音波モータでは、前記接触部の突出方向にかかる前記振動体の本体部の長さが、前記接触部の突出方向に対して垂直な方向にかかる前記振動体の本体部の長さよりも長いのが好ましい。

本発明の超音波モータでは、前記振動体は、振動状態にて縦振動および屈曲振動の複合振動を行い、かつ、前記縦振動の共振周波数と前記屈曲振動の共振周波数とが相互に異なると共に相互に近接するのが好ましい。

これにより、これらの近傍の周波数、特に、これらの共振周波数の中間の周波数にて振動体を駆動した場合に、縦振動および屈曲振動の双方の駆動特性を効率的に得られる利点がある。また、これらの共振周波数 f_1 、 f_2 の近傍にて、特に、共振周波数 f_1 、 f_2 の中間の周波数にて、インピーダンスの値が低い周波数帯を幅広く形成できる。これにより、広い周波数帯にて縦一次振動および屈曲

二次振動を結合した励振を行えると共に、駆動時の投入電力を安定化できる利点がある。また、これらの共振周波数 f_1 、 f_2 間の周波数帯にて駆動周波数を適宜設定（選択）することにより、例えば、駆動力や駆動速度に関して、任意の駆動特性を得られる利点がある。

【0013】

本発明の稼働装置は、本発明の超音波モータと、前記超音波モータから駆動力を付与されて駆動される被駆動体とを有することを特徴とする。

本発明の稼働装置では、前記被駆動体が、ロータ部を有すると共に、当該ロータ部にて前記超音波モータから振動を伝達されて回転駆動されるのが好ましい。

本発明の稼働装置では、前記被駆動体は、周面を有すると共に、該周面にて前記超音波モータに当接するように設けられ、該超音波モータから振動が伝達され、駆動されるのが好ましい。

本発明の光学系切換機構は、本発明の超音波モータと、前記超音波モータから駆動力を付与されて駆動される被駆動体と、光学系と、

前記被駆動体と連動し、前記光学系に対する切換機構とを有することを特徴とする。

本発明の光学系切換機構では、前記切換機構は、絞り部、フィルタ部およびメカニカルシャッタのうちの少なくとも1つを有するのが好ましい。

本発明の電気機器は、本発明の超音波モータと、前記超音波モータから駆動力を付与されて駆動される被駆動体とを有することを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の超音波モータ、稼働装置、光学系切換機構および電気機器を添付図面に示す好適実施形態に基づいて詳細に説明する。

（第1実施形態）

図1は、この発明の第1実施形態にかかる電気機器を示す斜視図である。図2

および図3は、図1に記載した電気機器を示す正面図（図2）および側面図（図3）である。

【0015】

この電気機器1は、撮像部2と、光学系3とを有する電気光学機器である。また、この電気機器1は、ベース4と、絞り部5と、振動体6とを含み構成される。撮像部2は、ベース4の表面41上に、撮像側を上に向けて固定設置される。光学系3は、撮像部2に対向しつつ撮像部2の上方に所定の隙間を隔てて配置され、ベース4から延出された壁面（図示省略）に固定支持される。ベース4は、略板状構造を有し、撮像部2、光学系3、絞り部5および振動体6が設置される土台となる。

【0016】

この電気機器1では、振動体6およびこれを駆動する通電装置（図示省略）から成る構成を超音波モータと呼び、この超音波モータおよび絞り部5から成る構成を稼働装置と呼ぶが、本発明の超音波モータには、前記通電装置が省略されたものも含まれる。また、電気機器1は、この稼働装置を含み構成される。また、この電気機器1は、絞り部5および振動体6にて、光学系3から撮像部2への光量を調整する絞りの切換機構を構成する。

【0017】

絞り部5は、ロータ51と、遮蔽板52とを含み構成される。ロータ51は、剛性を有する円柱部材から成り、ベース4の表面41上に回転軸を立てて配置される。遮蔽板52は、略扇形の板状部材から成り、その扇面の縁側付近に円形の開口部53を有する。この開口部53は、光学系3から撮像部2への光量を調整する絞りとなる。また、絞り部5は、遮蔽板52の扇形面をベース4の表面41に対して略平行に向かつて、扇形の要部にてロータ51上面に固定設置される。これにより、遮蔽板52は、ロータ51が回転すると、このロータ51を軸として、ベース4の表面41に対して水平に回転変位する。なお、絞り部5は、初期状態にて、遮蔽板52を撮像部2と光学系3とが対向する隙間に介在させ、光学系3から撮像部2への光路を遮断している（図1および図2参照）。

【0018】

振動体6は、全体としては略長方形の板状形状を有し、接触部66と、腕部68とを有する。接触部66は、短辺の一部に突出しており、丸みを帯びた頂部を有し、振動体6の短辺の側面中央に設置される。腕部68は、長辺の側面中央から略垂直に延出して設けられ、その先端に孔681を有する。振動体6は、ベース4に対してその平面を略平行に向けつつ、ベース4の表面41に対して浮上した状態で配置され、ボルト13を腕部68の孔681に挿入されてベース4に固定される。ここで、振動体6は、設置状態にて、接触部66を絞り部5のロータ51の側面に接触させる（図1および図3参照）。このとき、接触部66は、腕部68およびボルト13の弾性により、ロータ51の側面に対して弾性的に付勢する。これにより、接触面にて十分な摩擦力が得られ、振動体6の振動を確実にロータ51に伝達し得る利点がある。また、この構成では、ボルト13の操作により接触部66の付勢力を加減できる。これにより、電気機器1の使用により接触部66の付勢力が低下した時に、ボルト13を操作して付勢力を適正值に調整できる利点がある。振動体6は、外部の通電回路（図示省略）に接続されて、その駆動を制御される。そして、振動体6および通電回路は、絞り部5を駆動する超音波モータとして機能する。

【0019】

図4～図6は、図1～図3に記載した電気機器の作用を示す説明図である。初期状態にて、絞り部5は、遮蔽板52を撮像部2上方に位置させて撮像部2の全面を遮蔽する（図4参照）。このとき、遮蔽板52の開口部53は、撮像部2に対して平面的に異なる位置にある。この図4に示す状態では、光学系3から撮像部2への光路が完全に遮断され、撮像部2に入る光量がゼロとなる。

【0020】

光学系3から撮像部2への光量を切り換えるときは、まず、外部の通電回路（図示省略）から振動体6に、高周波数の交流電流を供給する。すると、振動体6が高速で伸縮運動し、その接触部66がロータ51の側面に高速かつ反復して当たる。これにより、接触部66がロータ51を連続的に叩き、摩擦接触によりロータ51を図4中の反時計回りに回転させる。すると、絞り部5が、ロータ51の回転によりベース4上にて回転変位する。これにより、遮蔽板52が、撮像部

2と光学系3との隙間にてベース4の表面41に対して水平に回転変位し、開口部53を撮像部2の位置に移動させる（図5参照）。これにより、光学系3から撮像部2への光路が開口部53の大きさに拡大されて、撮像部2に入る光量が増加する。

【0021】

次に、光量を更に増加させるとときは、振動体6を駆動してロータ51を図5中の反時計回りに更に回転させる。そして、遮蔽板52が撮像部2の上方を完全に通過した位置にて振動体6を停止させる（図6参照）。これにより、撮像部2の上方が開放されて、撮像部2に入る光量が最大となる。一方、光量をゼロの状態に戻すときは、振動体6を駆動してロータ51を図5中もしくは図6中の時計回りに回転させ、遮蔽板52を所定の位置に停止させる。このように、この電気機器1では、振動体6の駆動により絞り部5を駆動して、光学系3から撮像部2への光量を自在に切り換え得る。

【0022】

図7は、図1～図6に記載した振動体を示す斜視図である。図8および図9は、図7に記載した振動体の動作を示す説明図である。この振動体6は、単一の補強板63を中心に配置し、この補強板63を一对の圧電素子62、64で挟み込み、これらを積層して構成される。また、振動体6は、電極61a～61dと、電極65a～65d（図示省略。各符号のみを括弧内に示す。）とを、その表裏の所定の位置に配置される。

【0023】

補強板63は、略長方形の板状構造を有し、その厚みが各圧電素子62、64より薄い。これにより、振動体6を高い効率で振動させ得る利点がある。また、補強板63は、例えば、ステンレス鋼、アルミニウム、アルミニウム合金、チタン、チタン合金、銅、銅系合金その他の金属材料から成る。ただし、補強板63の構成材料は、これに限定されない。補強板63は、振動体6全体を補強する機能を有し、過振幅や外力等による振動体6の損傷を防止する。また、補強板63は、圧電素子62、64間にて、これらを導通させる共通の電極として機能する。

【0024】

圧電素子62、64は、補強板63と略合同な長方形の板状構造を有する。圧電素子62、64は、相互に対向して補強板63を表裏から挟み込み、補強板63に対して平面位置を揃えて積層される。また、圧電素子62、64は、補強板63に対して固着され、一体化されて单一構造物を構成する。これにより、振動体6の強度を向上できる利点がある。また、圧電素子62、64は、電圧の印加により伸縮可能な材料から成る。かかる材料としては、例えば、チタン酸ジルコニウム酸鉛、水晶、ニオブ酸リチウム、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、メタニオブ酸鉛、ポリフッ化ビニリデン、亜鉛ニオブ酸鉛、スカンジウムニオブ酸鉛等がある。

【0025】

電極61a～61d、65a～65dは、短冊状の金属部材から成り、圧電素子62、64上の所定の位置に設置される。ここで、これらの電極は、圧電素子62、64の長辺に対して略半分の長さを有し、各圧電素子62、64上の長辺側の縁部に沿って、長手方向にそれぞれ2枚ずつ並べて配置される。これにより、電極61a～61d、65a～65dは、各圧電素子62、64上にそれぞれ4枚ずつ並べられ、各圧電素子62、64の長手方向の中心線および幅方向の中心線に対して相互に対称に位置する（図7参照）。また、電極61f、65fは、圧電素子62、64の長辺に対して略同一の長さを有し、各圧電素子62、64の長手方向の中心線上に配置される。

【0026】

ここで、電極61a～61dと、電極65a～65dとは、振動体6の表裏にて相互に対向して配置される。図7中にて、括弧書きにて付した符号は、振動体6を挟み相互に対向する電極であることを示している。また、各圧電素子62、64上にて対角線を構成する電極61aおよび電極61cの組、ならびに、電極65aおよび電極65cの組とは、それぞれ各組内にて導通され、外部の通電回路に接続される。同様に、電極61bおよび電極61dの組、ならびに、電極65bおよび65dの組も、それぞれ各組内にて導通され、外部の通電回路に接続される。これにより、電極61a～61d、65a～65dは、通電回路からの

電圧の印加により、これらの組み合わせにて通電する。なお、いずれの組み合わせにより通電させるかは、後述する通電回路の構成により、任意に選択できる。

【0027】

また、振動体6は、一方の短辺の中央、すなわち、長手方向の先端部の中央に、接触部66を有する。この接触部66は、補強板63に対して單一部材により一体的に形成される。これにより、接触部66を振動体6に対して強固に設置できる利点がある。特に、接触部66は、電気機器1の稼働時にて、振動体6の振動により高速かつ反復的に、高い押圧力にてロータ51に衝突する。したがって、かかる構成により、接触部66の耐久性を高め得る利点がある。また、接触部66は、半円形状の先端部を有する（図7参照）。かかる接触部66は、角形の先端部を有する場合と比較して、ロータ51の側面に安定的に摩擦接觸する。これにより、振動体6の作用方向が多少ずれた場合にも、振動体6からの押圧力を確実にロータ51に伝達できる利点がある。

【0028】

また、振動体6は、一方の長辺の中央、すなわち、長手方向の側部中央に、長辺に対して略垂直に突出する腕部68を有する。この腕部68は、補強板63に対して單一部材により一体的に形成される。これにより、腕部68を振動体6に対して強固に設置できる利点がある。振動体6は、腕部68の先端に設けられた孔681にボルト13を挿入され、このボルト13によりベース4に対して固定設置される。また、振動体6は、腕部68により、ベース4に対して浮上した状態で設置される（図1～図3参照）。かかる構成では、振動体6とベース4との摩擦がないので、振動体6の振動が拘束され難く、振動体6の自由な振動を実現できる利点がある。また、腕部68は、補強板63が金属材料から成るので、弾性を有する。振動体6は、この弾性により接触部66をロータ51の側面に付勢し、この状態にて腕部68により支持される。また、振動体6の補強板63は、この腕部68にてアース（接地）されている。

【0029】

ここで、腕部68は、振動体6の側方であって、振動体6の振動の節となる位置に設けられる。この位置は、振動解析その他公知の手法により当業者自明の範

囲内にて適宜決定してよい。例えば、この電気機器1のように、電極61a～61d、65a～65dが、振動体6の長手方向および幅方向に対称に設けられる場合には、この振動体6の長手方向の略中央付近が振動の節となる。そこで、この電気機器1では、腕部68を振動体6の長辺の略中央に設ける。すると、振動体6の振動時に、腕部68が振動体6の振動を阻害しないので、腕部68から外部への振動エネルギーの消散を抑制できる。これにより、ロータ51を効率的に駆動できる利点がある。

【0030】

図8および図9は、図1～図7に記載した振動体の動作を示す説明図である。図8は、ロータ51が図中の反時計回りに回転する場合を示し、図9は、図8に示す方向とは逆方向にロータ51が回転する場合を示している。

図8に示す状態では、まず、振動体6が、外部の通電回路（図示省略）から交流電圧を印加される。すると、振動体6の対角線上に位置する電極61a、61c、65aおよび65cが通電され、これらの電極と補強板63との間に交流電圧が印加される。圧電素子62、64は、この交流電圧により、電極が設置された部分にて、高速かつ反復的に部分的に伸縮する。ここで、圧電素子62、64は、電極61a、61c、65aおよび65cの設置部分にて、図中の矢印aの方向に伸縮する。これにより、振動体6は、全体として略S字状に屈曲した微少振動を行う。この振動により、振動体6の接触部66は、図中の矢印bで示す方向に往復運動するか、若しくは、図中の矢印cで示す方向に梢円運動する。ロータ51は、この運動により接触部66から押圧力を受ける。具体的には、ロータ51は、接触部66の振動変位Sの径方向成分S1（ロータ51の径方向の変位）により、接触部66と外周面511との間に摩擦力を受け、また、振動変位Sの周方向成分S2（ロータ51の円周方向の変位）により、図中の反時計回りの回転力を受ける。そして、ロータ51は、この押圧力を高速かつ反復的に接触部66から受けて、図中の反時計回りに回転する。

【0031】

一方、図9に示す状態では、振動体6の電極61b、61d、65aおよび65cが通電される。すなわち、図8に示す状態とは対称に、電極が通電される。

すると、図8に示す状態と対称に振動体6が振動し、ロータ51が接触部66により押圧力を受けて、図中の時計回りに回転する。したがって、通電パターンの選択により、ロータ51を時計回りおよび反時計回りの双方向に駆動できる利点がある。なお、図9に示す状態では、通電されない他の電極61a、61c、65aおよび65cが、振動体6の振動を検出する振動検出手段を構成する。

【0032】

図10は、図1～図9に記載した振動体の通電回路を示すブロック図である。この通電回路20は、駆動回路8と、スイッチ9とを含み構成される。通電回路20は、振動体6に交流電圧を印加して振動体6を駆動する。また、通電回路20は、通電パターンを切換えて振動体6の振動モードを切り換える機能と、振動体6から電圧を検出して振動をフィードバック制御する機能とを有する。

【0033】

駆動回路8は、発振回路81と、增幅回路82と、回転量制御回路83とを含み構成される。この駆動回路8では、発振回路81が交流電圧を出力し、增幅回路82がこの交流電圧を増幅して、振動体6に印加する。回転量制御回路83は、発振回路81および增幅回路82を制御し、ロータ51の回転量が指示された目標値となるように、振動体6に印加される交流電圧を調整する。

【0034】

スイッチ9は、交流電圧を印加される電極と、振動検出手段を構成する電極とを切り換え、これにより、ロータ51の回転方向を切り換える。このスイッチ9は、連動する2つのスイッチ部91および92を有しており、端子97を振動体6の電極61dに接続され、端子98を電極61a接続される。また、スイッチ9は、端子93、96をそれぞれ增幅回路82の出力側に接続され、各端子93、96を介して、増幅回路82から交流電圧を印加される。また、スイッチ9は、端子94、95をそれぞれ発振回路81の入力側に接続される。

【0035】

この通電回路20において、まず、ロータ51の駆動にあたり、ロータ51の回転量（回転回数や回転角度）を回転量制御回路83に入力する。そして、ロータ51を図10中の反時計回り（正方向）に回転させる場合には、スイッチ9を

切り換えて、端子94と端子97とを接続すると共に、端子96と端子98とを接続する。すると、振動体6の電極61a、61c、65aおよび65cが、增幅回路82の出力側に導通される。これにより、振動体6の圧電素子62、64に交流電圧が印加されて、振動体6が縦振動および屈曲振動し、ロータ51が接触部66に叩かれて図10中の反時計回りに回転する。

【0036】

また、この状態では、他の電極61b、61d、65bおよび65dが、駆動回路8の発振回路81の入力側に導通される。これらの電極は、振動体6の駆動時に検出電極となり、通電された電極61b、61d、65bおよび65dと、補強板63との間に誘起される電圧（誘起電圧）を検出する。発振回路81は、検出された誘起電圧に基づいて、振動体6の振幅が最大、すなわち、検出電圧が最大になるような周波数（共振周波数）の交流電圧を出力する。これにより、ロータ51を効率良く移動させ得る利点がある。また、回転量制御回路83は、ロータ51の回転量が指示された目標値になるまで発振回路81および増幅回路82を作動させ、振動体6を駆動してロータ51を回転させる。

【0037】

一方、ロータ51を図10中の時計回り（逆方向）に回転させる場合には、スイッチ9を切り換えて、端子93と端子97とを接続すると共に、端子95と端子98とを接続する。すると、振動体6の電極61b、61d、65bおよび65dが、増幅回路82の出力側に導通される。これにより、ロータ51が図10中の反時計回りに回転する。また、この状態では、他の電極61a、61c、65aおよび65cが駆動回路8の発振回路81の入力側に導通され、検出電極として機能する。なお、これらの作用については、ロータ51を反時計回りに回転させる場合と同様なので、その記載を省略する。

【0038】

この電気機器1によれば、振動体6が薄型の板状形状を有するので、機器全体を薄型化し、また小型化できる利点がある。特に、電気光学機器の分野では、近年、薄型化および小型化に対する要請が極めて強く、当業者がこれに多額の研究開発費を投じる傾向にある。この点において、この振動体6により駆動部を構成

された電気機器1は、極めて有用である。また、振動体6が摩擦力（押圧力）によりロータ51を駆動するので、磁力により駆動されるモータと比較して、高い駆動トルクおよび効率を得られる利点がある。これにより、変速機構（減速機構）を介すことなく、ロータ51を十分な力で駆動できる利点がある。

【0039】

また、この電気機器1によれば、振動体6の電気ノイズが、磁力により駆動されるモータと比較して極めて小さいので、電気ノイズにより周辺機器が受ける影響を低減できる利点がある。また、変速機構を要しないので、エネルギー損失が少ないという利点もある。また、ロータ51を振動体6で直接駆動し、別途減速機構を設ける必要がないので、機器を軽量化、小型化および薄型化できる利点がある。また、これにより、構造を極めて簡素化できると共に、製品を容易に製造できるので、製造コストを低減できる利点がある。

【0040】

また、この電気機器1によれば、振動体6の面内振動をロータ51の回転に直接変換できるので、変換に伴なうエネルギー損失を低減して高い駆動効率を得られる利点がある。また、ロータ51の停止状態にて、振動体6の接触部66が摩擦接触状態にてロータ51に付勢するので、ロータ51の回転を抑制して、ロータ51を停止位置に安定的に保持できる利点がある。また、単一の振動体6でロータ51を正逆の両方向に駆動させ得るので、駆動方向毎に専用の振動体を設ける場合と比較して、部品点数を低減できる利点がある。

【0041】

ここで、図1に示すように、振動体6の本体部の、交流電圧の印加により伸縮する方向（伸縮方向）である長手方向の寸法（接触部66の突出方向にかかる本体部の寸法）、すなわち長辺の長さ寸法を、長さ寸法L（以下、単に寸法Lとも言う）としたとき、その長さ寸法Lの下限値は、1mm程度とする。

振動体6の本体部の長さ寸法Lが1mmを下回ると、振動体6の接触部66の振動により生ずる振幅がロータ（被駆動体）51の表面粗さを乗り越えることができない。換言すれば長さ寸法Lを1mm以上に設定することにより、振動体6は駆動時に、ロータ51に対して駆動力を付与する方向に、ロータ（被駆動体）

5.1の表面粗さを乗り越え得る程度に伸縮することができる。

【0042】

図11は、寸法に対する振動体の振幅および駆動効率を示すグラフである。このグラフは、横軸に振動体6の寸法Lをとり、縦軸に振動体の振幅と、駆動効率とをとる。なお、振動体の振幅および駆動効率の算出方法の詳細については後述する。

図11に示すように、振動体6の駆動効率は、寸法Lが1 [mm] の付近にて変曲点を有し、この寸法未満では著しく低下する。そこで、この電気機器1では、振動体6の寸法Lを1 [mm] 以上とする。これにより、ロータ（被駆動体）5.1を適切に駆動できる利点がある。また、振動体6の駆動効率は、寸法Lが3 [mm] 以上となると変化率が小さくなる。そこで、この電気機器1では、振動体6の寸法Lを3 [mm] 以上とすることが好ましい。これにより、寸法バラツキに伴う駆動効率の変動が抑制されるので、振動体6を安定的に駆動できる利点がある。

また、振動体6の寸法Lを4 [mm] 以上とするのがさらに好ましい。これにより、さらに振動体6の駆動効率を向上できる利点がある。

【0043】

図12および図13は、寸法に対する振動体の振幅および駆動効率の算出方法を示す説明図である。ここで、振動体6の振幅は、接触部6.6の先端部の振幅uを計測して算出される。まず、振動体6の駆動周波数が共振周波数でない場合には、振動体6の振幅u₀が以下の式により算出される。

$$u_0 = d \times V \times L$$

(d : 圧電定数、V : 電圧、L : 寸法)

この圧電定数dは、圧電素子6.2、6.4の材質により定まる固有値である。

【0044】

また、共振周波数の場合には、振動体6の振幅uが以下の式により算出される。

$$u = Q \times d \times V \times L$$

(Q : 機械的品質係数)

この機械的品質係数Qは、振動体6自身の単位周期あたりの振動におけるエネルギー損失率の逆数である。

【0045】

一方、寸法に対する振動体6の駆動効率 η （ η =機械的出力／入力電圧）は、機械的品質係数Qおよび電気－機械結合係数 k_v^2 （振動体の振動エネルギー／振動体に入力された電力）に対して、以下の関係にある。

$$\eta \propto Q \times k_v^2$$

したがって、補正係数をC₁とすると、

$$\eta = C_1 \times Q \times k_v^2 \quad (1)$$

となる。

【0046】

ここで、機械的品質係数Qは、加压、接触、内部損失等による損失率L₁と、振動体6の腕部68による損失率L₂とから成る。この振動体6では、損失率L₁が一定と考えられる。また、損失率L₂が、振動体6の本体部の長手方向の長さLおよび腕部68の幅w（図13参照）の比に比例すると考えられる。したがって、

$$1/Q = C_2 (L_1 + L_2) = C_2 (L_1 + w/L) \quad (2)$$

（L₁およびC₂は、定数）

となる。

【0047】

さらに、電気－機械結合係数 k_v^2 は、振動体6全体の体積をV₁、圧電素子62、64の体積をV₂とすると、

$$k_v^2 = C_3 \times V_2 / V_1 \quad (3)$$

（C₃は、定数）

となる。

これにより、振動体6の駆動効率 η の計算式を立てる。そして、駆動効率 η 、機械的品質係数Qおよび電気－機械結合係数 k_v^2 を実測し、上記（1）式～（3）式により、C₁～C₃およびL₁を求める。これにより、振動体6の駆動効率 η が算出される。

【0048】

また、第1実施形態において、振動体6は、接触部66の突出方向にかかる本体部の寸法Lの上限値は、20mm程度とする。この理由は、下記の通りである。

電気機器1が落下等により外部から衝撃を受けると、圧電素子62、64は、この衝撃により電圧（以下、衝撃電圧という。）を生じる。この衝撃電圧は、圧電素子62、64の寸法Lが長いほど大きく、所定電圧以上となると、電気機器1の駆動ICを電気的に破壊する。ここで、駆動ICの耐久電圧は、一般に、電源電圧の+0.6[V]程度である。このため、電源電圧が3[V]の電気機器では、衝撃電圧が3.6[V]を超えると駆動ICが電気的に破壊される。そこで、この電気機器1では、振動体6の寸法Lを調整して、衝撃電圧の最大値を規制する点に特徴を有する。これにより、落下等の衝撃による駆動ICの電気的破損を防止（または抑制）できる利点がある。

【0049】

図14は、振動体の寸法と駆動ICにかかる衝撃電圧との関係を示すグラフである。このグラフは、横軸に振動体6の寸法Lをとり、縦軸に駆動ICに印加される衝撃電圧をとる。衝撃電圧は、振動体6の落下試験により、振動体6の各長さ寸法Lについて計測される。なお、この衝撃電圧の算出方法の詳細については後述する。また、この電気機器1の駆動ICは、電源電圧が3[V]であり、その耐久電圧は、3.6[V]、好ましくは、3.5[V]である。

【0050】

図14に示すように、駆動ICにかかる衝撃電圧は、振動体6の寸法Lが長いほど大きい。したがって、振動体6の寸法Lは、駆動ICにかかる衝撃電圧が駆動ICの耐久電圧以下となるように設定されることが好ましい。言い換えれば、振動体6が受ける衝撃により圧電素子62、64に衝撃電圧が生じる場合にて、この衝撃電圧のうち駆動ICに印加される電圧が、駆動ICの耐久電圧以下となることが好ましい。例えば、この落下実験では、寸法Lが20[mm]を超えると、衝撃電圧が駆動ICの耐久電圧の3.6[V]を超える。そこで、この電気機器1では、振動体の寸法Lを、20[mm]以下とする。

これにより、落下時等における駆動ICの電気的破損を効果的に防止（または抑制）できる利点がある。

【0051】

また、耐久電圧を厳しく見て、3.5 [V]とした場合は、振動体6の寸法Lの上限値は、18mm程度とするのが好ましい。これにより、衝撃電圧と、駆動ICの耐久電圧との間に余裕を持たせ、駆動ICの電気的破損をより確実に防止（または抑制）できる利点がある。

また、振動体6の寸法Lを13 [mm] 未満とするのがより好ましく、7 [mm] 未満とするのがさらに好ましい。これにより、さらに余裕が大きくなるので、保護ダイオード抵抗値のバラツキが大きい場合でも、駆動ICの電気的破損をさらに確実に防止（または抑制）できる利点がある。

【0052】

図15は、駆動ICにかかる衝撃電圧の算出方法を示す説明図である。同図に記載される回路は、一般的な電気機器が有する駆動ICの保護回路の等価回路である。また、同図において、符号 V_{CC} は電源電圧を示し、符号 D_1 、 D_2 は駆動ICを保護する保護ダイオードを示し、符号Cは駆動ICの等価容量のコンデンサを示す。なお、保護ダイオード D_1 、 D_2 の順方向の抵抗は、0.1 [Ω] であり、コンデンサCの静電容量は、100 [pF] 以下である。なお、衝撃電圧の算出は、落下試験により行われる。

【0053】

図15において、落下時にて振動体6が有する位置エネルギーを U_0 とし、そのうち電気的エネルギーに変換されるエネルギーを U_e とする。すると、

$$U_0 \propto \text{振動体6の落下前の位置エネルギー}$$

$$U_e \propto U_0$$

となる。よって、

$$U_e = C_4 \times mgh$$

(m : 振動体6の質量、h : 落下距離、 C_4 : 比例定数)

となる。

【0054】

ここで、振動体6に発生する電荷 q_0 は、圧電素子62、64の静電容量を C_u とすれば、

【数1】

$$q_0 = \sqrt{2CuUe}$$

となる。

【0055】

そして、保護ダイオードD₁、D₂のいずれかを通じて流れ出す電荷量 q_v は

$$q_v = q_0 - V_c c \times C_u,$$

$$(q_v > 0, q_0 - V_c c \times C_u, < 0 のときは q_v = 0)$$

となる。

なお、高い電圧が発生するときは、保護ダイオードD₁を通じて電流が流れ、低い電圧が発生するときは、保護ダイオードD₂を通じて電流が流れる。ここでは、駆動ICの損傷が問題となるので、高い電圧が流れる場合のみを考える。

【0056】

次に、電荷の放電時間、すなわち、地面に対する振動体6の衝突時間を Δt とし、且つ、放電波形を正弦波とすると、流れる電流のピーク値 I_{max} は、

【数2】

$$i_{max} = \sqrt{2} \frac{q_v}{\Delta t}$$

となる。

【0057】

そして、駆動ICにかかる電圧 V_{max} は、保護ダイオードD₁、D₂の順方向の等価抵抗をRとすると、

$$V_{max} = R \times I_{max}$$

$$(q_v > 0, q_v < 0 の時は V_{max} = q_0 / C_u)$$

となる。

なお、比例定数 C_4 および衝突時間 Δt は、振動体6の落下時に生じる電圧の波形から求められる。

【0058】

また、第1実施形態において、振動体6は、さらに、圧電素子62、64に生ずる最大応力を加味して、本体部の寸法Lが決定されることが好ましい。

図16は、振動体の寸法Lと、圧電素子に生ずる最大応力との関係を示すグラフである。このグラフは、横軸に振動体6の寸法Lをとり、縦軸に圧電素子62、64に生ずる最大応力をとる。この最大応力は、落下等により振動体6が外部から衝撃を受けたときに、圧電素子62、64に生ずる応力の最大値である。最大応力は、振動体6の落下試験により、振動体6の長さ寸法Lについて計測される。なお、図16は、振動体6を支持する腕部68の幅w（図12参照）を0.5mmとしたときのものであり、最大応力の算出方法の詳細については後述する。

【0059】

図16に示すように、衝撃時に生ずる最大応力は、振動体6の寸法Lが長いほど大きい。そこで、この電気機器1では、振動体6の寸法Lを調整して、衝撃による圧電素子62、64の物理的破損を抑制する点に特徴を有する。

具体的には、衝撃時に生ずる最大応力を算出し、その最大値が圧電素子62、64の許容応力未満となるように振動体6の寸法Lを調整する。例えば、チタン酸ジルコニアム酸鉛から成る圧電素子62、64では、その許容応力が 1×10^8 [N/m²] であることが知られている。図16において、圧電素子62、64が受ける衝撃応力がこの許容応力を超えるのは、振動体6の寸法Lが18 [mm] を超えるときである。そこで、この電気機器1では、振動体6の長手方向の寸法Lを18 [mm] 未満とするのが好ましい。これにより、衝撃時に生ずる最大応力を、その許容応力以下に規制できるので、衝撃による圧電素子62、64の物理的破損を効果的に防止（または抑制）できる利点がある。

【0060】

また、衝撃時にて圧電素子62、64に生ずる最大応力が、許容応力以下であっても、圧電素子62、64の内部に微少な欠陥が生じて、振動体6の駆動特性が低下する場合がある。例えば、チタン酸ジルコニウム酸鉛から成る圧電素子62、64では、最大応力が 6×10^7 [N/m²] ~ 1×10^8 [N/m²] 程度において、振動体6の駆動特性が低下する。そこで、この電気機器1では、図16に基づき、振動体の寸法Lを7 [mm] 未満とすることが好ましい。これにより、振動体6の駆動特性を維持しつつ、圧電素子62、64の破損をより確実に防止（または抑制）できる利点がある。

【0061】

また、振動体6の寸法Lを6 [mm] 以下とするのがさらに好ましい。これにより、衝撃時にて生ずる最大応力と、圧電素子62、64の許容応力との間にさらに余裕を持たせ、圧電素子62、64の物理的破損をさらに確実に防止（または抑制）できる利点がある。

なお、圧電素子62、64の許容応力は、その材質により変動する。そこで、振動体6の寸法Lは、圧電素子62、64の材質を考慮しつつ、当業者自明の範囲内により適宜設計変更されることが好ましい。

【0062】

ここで、圧電素子62、64が受ける最大応力は、振動体6を支持する腕部68の幅w（図12参照）によっても変動する。図17は、腕部68の幅と機械的品質係数との関係を示すグラフである。

機械的品質係数Qは、振動体6を支持する腕部68の幅wが大きくなるほど低下する（図17参照）。また、振動体6の駆動効率は、機械的品質係数Qが700未満になると、著しく低下する。このため、機械的品質係数Qが700以上となるように、腕部68の幅wを0.5 [mm] 以下とするのが好ましい。そこで、前記図16に示すグラフでは、振動体6を支持する腕部68の幅wを、前記上限値の0.5 mmとした。

【0063】

図18は、圧電素子に生じる最大応力の計測方法を示す説明図である。同図は

、振動体6に外部から衝撃が加わったときに圧電素子62、64に生じる最大応力の計測方法を示している。一般に、腕時計その他の携帯用電気機器では、高さ1[m]からコンクリート上へ落下する場合に、振動体6の圧電素子62、64が破損しないことを要する。なお、このとき振動体6にかかる衝撃加速度は、10000[G]となる。そこで、この計測方法では、振動体6を落下させて衝撃を与え、圧電素子62、64に生じる最大応力を計測する。なお、この落下試験では、チタン酸ジルコニアム酸鉛から成る圧電素子を用いる。

【0064】

図18において、振動体6は、補強板63の長手方向における両側侧面の中央部に腕部68、68をそれぞれ有し、これらの腕部68、68により筐体の壁面に固定設置される。そして、振動体6は、約1[m]の高さから落下して、衝撃的な加速度 α を加えられる。すると、図中の斜線部の部分が破損する。これは、振動体6の落下により生じた運動エネルギーが、斜線部のひずみにより消費されるためである。ここで、衝撃加速度により振動体6が得た運動エネルギーTは、

$$\begin{aligned} T &= m \times v^2 / 2 \\ &= m \times (\alpha \times t_0)^2 / 2 \end{aligned}$$

である。質量 $m = \rho \times L \times A \times t$ より、

$$T = \rho \times L \times A \times t \times (\alpha \times t_0)^2 / 2 \quad (4)$$

となる。

【0065】

一方、腕部68の幅wは狭いので、この領域では、応力 σ が一定とみなせる。すると、ひずみエネルギーUは、

【数3】

$$U = \frac{\sigma^2}{2E} (B \times w \times t) \quad (5)$$

となる。

【0066】

上記(4)式および(5)式より、 $T = U$ として変形すると、

【数4】

$$\sigma = \alpha \times t_0 \times \sqrt{E \times \rho \times \frac{L}{w}} \quad (6)$$

が得られる。この（6）式により、最大応力が算出される。

【0067】

ここで、図1に示すように、振動体6本体部の長手方向に対して略垂直な方向の寸法（接触部66の突出方向に対して略垂直な方向にかかる本体部の寸法）、すなわち短辺の長さ寸法を、幅寸法A（以下、単に寸法Aとも言う）としたとき、その幅寸法Aは特に限定されないが、幅寸法Aは、例えば、0.1～6mm程度が好ましく、0.2～2mm程度がさらに好ましい。

幅寸法Aが0.1mm未満では圧電素子62および64と補強板63の接着力が不足し、落下時に剥がれが生じる場合がある。また、0.2mm未満では同様に駆動特性の劣化が生じる。

【0068】

一方、幅寸法Aが6mmよりも大きくなると、幅方向の縦振動が無視できなくなるため、腕部68の振動振幅が大きくなり駆動効率が低下する。幅方向の縦振動の影響は、幅寸法Aが2mm未満ではほとんど認められないので、幅寸法Aは2mm未満がより望ましい。

また、この電気機器1において、振動体6の本体部の平面視での形状は、略長方形形状をなしているが、これは、振動体6の圧電素子62、64をダイシング等により製造する時、取り数が多くなり、歩留まりが向上し、好ましい。

また、振動体6（振動体6の本体部）は、薄型の板状構造を有するが、これは、電気機器1を薄型化できる点で好ましい。

しかし、これに限らず、本発明では、振動体6（振動体6の本体部）の形状や厚みは、特に限定されない。

【0069】

また、この第1実施形態では、電気機器1の一例として電気光学機器を取り上げて説明した。しかし、これに限らず、上記の超音波モータおよび稼働装置を、

他の電気機器に適用してもよい。また、この電気機器1では、被駆動体としてロータ51（絞り部5）を用い、これを振動体6により駆動して、光学系絞り部の切換機構を構成した。

しかし、これに限らず、他の被駆動体を用いて、フィルタの交換機構、メカニカルシャッタ機構、その他の光学系切換機構を構成してもよい。

また、前記切換機構は、例えば、絞り部、フィルタ部およびメカニカルシャッタのうちの少なくとも1つを有するものとすることができる。

【0070】

(第2実施形態)

次に、この電気機器1の第2実施形態について説明する。

図19は、本発明の電気機器の第2実施形態における振動体の斜視図であり、図20は、本発明の電気機器の第2実施形態における回路構成を示すブロック図である。

【0071】

以下、第2実施形態の電気機器1について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

第2実施形態の電気機器1は、ロータ51を停止状態に維持、すなわち、絞り部5を停止状態に維持する第1のモードと、ロータ51の回転を可能（ロータ51をフリー状態）、すなわち、絞り部5の移動を可能（絞り部5をフリー状態）にする第2のモードと、ロータ51を正方向に回転させる第3のモードと、ロータ51を逆方向に回転させる第4のモードとを有しており、各電極への通電パターンの選択により振動体6の振動パターンを変更して、第1のモードと、第2のモードと、第3のモードと、第4のモードとのいずれかを選択し得るよう構成されている。以下、具体的に説明する。

【0072】

図19に示すように、振動体6は、圧電素子62の図19中上側に、板状の5つの電極61a、61b、61c、61dおよび61eが設置され、圧電素子64の図19中下側に、板状の5つの電極65a、65b、65c、65dおよび65e（図19中、電極65a、65b、65c、65dおよび65eは、図示

せず、各符号のみを括弧内に示す) が設置されている。

【0073】

すなわち、圧電素子62を4つの長方形の領域にほぼ等しく分割(区分)し、分割された各領域に、それぞれ、長方形形状をなす電極61a、61b、61cおよび61dが設置され、同様に、圧電素子64を4つの領域に分割(区分)し、分割された各領域に、それぞれ、長方形形状をなす電極65a、65b、65cおよび65dが設置されている。

【0074】

そして、圧電素子62の中央部に長方形形状をなす電極61eが設置され、同様に、圧電素子64の中央部に長方形形状をなす電極65eが設置されている。各電極61eおよび65eは、それぞれ、その長手方向(長辺の方向)と振動体6の長手方向(長辺の方向)とが略一致するように配置されている。これら電極61eおよび65eは、それぞれ、検出電極であり、電極61eおよび65eと、補強板63との間に誘起される電圧(誘起電圧)、すなわち、振動体6の振動の長手方向の成分(縦振動成分)により誘起される電圧(誘起電圧)の検出に用いられる。また、前記電極61eおよび65eは、それぞれ、第2のモードで用いられる。

なお、電極61a、61b、61c、61dおよび61eの裏側に、それぞれ電極65a、65b、65c、65dおよび65eが配置されている。

【0075】

一方の対角線上の電極61aおよび61cと、これらの裏側に位置する電極65aおよび65cとは、すべて電気的に接続され、同様に、他方の対角線上の電極61bおよび61dと、これらの裏側に位置する電極65bおよび65dとは、すべて電気的に接続されている。また、同様に、中央部の電極61eと、この裏側に位置する電極65eとは、電気的に接続(以下、単に「接続」と言う)されている。

【0076】

図20に示すように、第2実施形態の電気機器1の通電回路20は、発振回路81、增幅回路82および回転量制御回路83を備えた駆動回路8と、スイッチ

9と、スイッチ16とを有している。

スイッチ9は、通電する電極と、振動検出手段として利用する電極とを切り替える切替手段であり、スイッチ9の切り替えにより、ロータ51の回転方向を切り替える。

【0077】

このスイッチ9は、運動する2つのスイッチ部91および92を有しており、振動体6の電極61dは、スイッチ部91の端子97に接続され、電極61aは、スイッチ部92の端子98に接続されている。

そして、スイッチ部91の端子93およびスイッチ部92の端子96は、それぞれ、駆動回路8の增幅回路82の出力側に接続されており、增幅回路82から各端子93および96に、それぞれ交流電圧が印加されるようになっている。

【0078】

また、振動体6の補強板63は、アース（接地）されている。

また、スイッチ部91の端子94およびスイッチ部92の端子95は、それぞれ、駆動回路8の発振回路81の入力側に接続されている。

スイッチ16は、運動する2つのスイッチ部161および162を有している。

スイッチ部161の端子163は、スイッチ9の端子94および95に接続されており、端子164は、振動体6の電極61eに接続されている。

【0079】

そして、スイッチ部161の端子167は、駆動回路8の発振回路81の入力側に接続されている。

また、スイッチ部162の端子166は、スイッチ9の端子98および振動体6の電極61aに接続されており、端子168は、スイッチ9の端子97および振動体6の電極61dに接続されている。

なお、駆動回路8については、前述した第1実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0080】

次に、各モードについて説明する。

第1のモードでは、振動体6に対し、励振しない。すなわち、振動体6のいずれの電極へも通電しない。この場合は、振動体6の接触部66がロータ51に圧接し、接触部66とロータ51との摩擦力により、ロータ51を停止状態に維持し、これにより、絞り部5を停止状態に維持することができる。すなわち、絞り部5が移動するのを阻止し、絞り部5を所定の位置に保持することができる。

【0081】

また、第2のモードでは、ロータ51の外周面511における接触部66の当接位置での接線に対して略垂直な方向の振動を励振する。すなわち、振動体6の両対角線上の電極61a、61b、61c、61d、65a、65b、65cおよび65dに通電し、これらの電極61a、61b、61c、61d、65a、65b、65cおよび65dと、補強板63との間に、交流電圧を印加する。これにより、振動体6は、長手方向（長辺の方向）に繰り返し伸縮、すなわち、長手方向に微小な振幅で振動（縦振動）する。換言すれば、振動体6の接触部66は、長手方向（長辺の方向）に振動（往復運動）する。

【0082】

ロータ51は、振動体6が収縮するときに、接触部66から離間してその接触部66との間の摩擦力が無くなるか、または、前記摩擦力が減少し、フリー状態となり、図20中の反時計回りおよび時計回りのいずれの方向にも自由に回転することができ、これにより、絞り部5は、自由に移動することができる。一方、振動体6が伸張するときは、ロータ51は、接触部66から押圧力を受けるが、その方向は、前記接線に対して略垂直な方向であるので、ロータ51は、図20中の反時計回りおよび時計回りのいずれの方向にも回転せず、絞り部5は、移動しない。

従って、振動体6の振動により、ロータ51、すなわち、絞り部5は、フリー状態となり、両方向に自由に移動することができる。

【0083】

また、第3のモードでは、少なくともロータ51の回転方向正方向の振動変位成分（図4に示す周方向成分S2）を有する振動を励振する。すなわち、振動体6の対角線上に位置する電極61a、61c、65aおよび65cに通電し、こ

これらの電極61a、61c、65aおよび65cと、補強板63との間に、交流電圧を印加する。これにより、第1実施形態で述べたように、ロータ51は、図20中の反時計回り（正方向）に回転する。この際、振動体6の対角線上に位置する通電されていない電極61b、61d、65bおよび65dは、振動体6の振動を検出する振動検出手段として利用される。

【0084】

また、第4のモードでは、少なくともロータ51の回転方向逆方向の振動変位成分（図5に示す周方向成分S2）を有する振動を励振する。すなわち、振動体6の対角線上に位置する電極61b、61d、65bおよび65dに通電し、これらの電極61b、61d、65bおよび65dと、補強板63との間に、交流電圧を印加する。これにより、第1実施形態で述べたように、ロータ51は、図20中の時計回り（逆方向）に回転する。この際、振動体6の対角線上に位置する通電されていない電極61a、61c、65aおよび65cは、振動体6の振動を検出する振動検出手段として利用される。

【0085】

次に、図20に基づいて、電気機器1の作用を説明する。

電源スイッチがオンの状態において、ロータ51（絞り部5）の停止／フリーの指示や、ロータ51の回転方向および回転量（ロータ51の回転回数や回転角度）の指示があると、それに基づいて、スイッチ9、16および駆動回路8の回転量制御回路83が作動する。すなわち、前記第1のモード、第2のモード、第3のモードおよび第4のモードのいずれかに設定される。

【0086】

ロータ51を図20中の反時計回り（正方向）に回転させる旨の指示（第3のモード）の場合には、スイッチ16の端子163と端子167とが接続し、端子165と端子168とが接続するようにスイッチ16が切り替わるとともに、スイッチ9の端子94と端子97が接続し、端子96と端子98が接続するようにスイッチ9が切り替わる。これにより、駆動回路8の増幅回路82の出力側と、振動体6の電極61a、61c、65aおよび65cとが導通し、振動体6の電極61b、61d、65bおよび65dと、駆動回路8の発振回路81の入力側

とが導通する。

【0087】

駆動回路8の発振回路81および増幅回路82は、それぞれ、回転量制御回路83により制御される。

発振回路81から出力される交流電圧は、増幅回路82で増幅され、電極61a、61c、65aおよび65cと、補強板63との間に印加される。これにより、前述したように、振動体6の電極61a、61c、65aおよび65cに対応する部分がそれぞれ繰り返し伸縮し、振動体6の接触部66が、図4の矢印bで示す斜めの方向に振動（往復運動）、または、矢印cで示すように、楕円振動（楕円運動）し、ロータ51は、振動体6の電極61a、61c、65aおよび65cに対応する部分が伸長するときに接触部66から摩擦力（押圧力）を受け、この繰り返しの摩擦力（押圧力）によって、図1中の反時計回り（正方向）に回転する。

【0088】

そして、前記ロータ51とともにロータ51が図1中の反時計回り（正方向）に回転し、これにより、絞り部5が運動する。

この際、通電されていない（駆動していない）各電極61b、61d、65bおよび65dは、それぞれ、検出電極となり、電極61b、61d、65bおよび65dと、補強板63との間に誘起される電圧（誘起電圧）の検出に用いられる。

【0089】

前記検出された誘起電圧（検出電圧）は、発振回路81へ入力され、発振回路81は、その検出電圧に基づいて、振動体6の振幅が最大、すなわち、検出電圧が最大になるような周波数（共振周波数）の交流電圧を出力する。これにより、絞り部5を効率良く移動させることができる。

また、回転量制御回路83は、指示されたロータ51の回転量（目標値）に基づいて、各電極への通電を制御する。

【0090】

すなわち、回転量制御回路83は、ロータ51の回転量が、指示されたロータ

51の回転量（目標値）になるまで発振回路81および增幅回路82を作動させ、振動体6を駆動し、ロータ51を回転させる。

前記と逆に、ロータ51を図20中の時計回り（逆方向）に回転させる旨の指示（第4のモード）の場合には、図20に示すように、スイッチ16の端子163と端子167とが接続し、端子165と端子168とが接続するようにスイッチ16が切り替わるとともに、スイッチ9の端子93と端子97が接続し、端子95と端子98が接続するようにスイッチ9が切り替わる。これにより、駆動回路8の增幅回路82の出力側と、振動体6の電極61b、61d、65bおよび65dとが導通し、振動体6の電極61a、61c、65aおよび65cと、駆動回路8の発振回路81の入力側とが導通する。以降の動作は、前記ロータ51を図20中の反時計回りに回転させる旨の指示の場合と同様であるので、その説明は省略する。

【0091】

また、ロータ51を停止状態に維持する指示、すなわち、絞り部5を停止状態に維持する指示（第1のモード）の場合には、図20に示すように、スイッチ16の端子163と端子167とが接続し、端子165と端子168とが接続するようにスイッチ16が切り替わる。

そして、回転量制御回路83は、発振回路81および增幅回路82を作動させない。すなわち、振動体6のいずれの電極へも交流電圧を印加しない。

【0092】

ロータ51には、振動体6の接触部66が圧接（当接）し、接触部66とロータ51との摩擦力により、ロータ51が停止状態に維持され、これにより、絞り部5が停止状態に維持される。すなわち、絞り部5が移動するのが阻止され、絞り部5は、所定の位置に保持される。

なお、第1のモードの場合には、振動体6のいずれの電極へも交流電圧を印加しなければ、スイッチ9および16は、それぞれ、どのように切り替わっていてもよい。

【0093】

また、ロータ51をフリー状態にする指示、すなわち、絞り部5をフリー状態

にする指示（第2のモード）の場合には、スイッチ16の端子164と端子167とが接続し、端子166と端子168とが接続するようにスイッチ16が切り替わる。これにより、駆動回路8の増幅回路82の出力側と、振動体6の電極61a、61b、61c、61d、65a、65b、65cおよび65dとが導通し、振動体6の電極61eおよび65eと、駆動回路8の発振回路81の入力側とが導通する。

【0094】

発振回路81から出力される交流電圧は、増幅回路82で増幅され、61a、61b、61c、61d、65a、65b、65cおよび65dと、補強板63との間に印加される。これにより、前述したように、振動体6の接触部66が、長手方向に振動（往復運動）し、ロータ51、すなわち、絞り部5は、フリー状態となり、両方向に自由に移動することができる。

【0095】

この際、各電極61eおよび65eからは、それぞれ、電極61eおよび65eと、補強板63との間に誘起される電圧（誘起電圧）が検出される。その検出された誘起電圧（検出電圧）は、発振回路81へ入力され、発振回路81は、その検出電圧に基づいて、振動体6の縦振動の振幅が最大、すなわち、検出電圧が最大になるような周波数の交流電圧を出力する。これにより、ロータ51をより円滑に回転、すなわち、絞り部5をより円滑に移動させることができる。

なお、第2のモードの場合には、スイッチ9は、どのように切り替わっていてもよい。

【0096】

この第2実施形態の電気機器1によれば、前述した第1実施形態と同様の効果が得られる。

そして、この電気機器1では、ロータ51（絞り部5）の停止状態を維持する状態、すなわち高摩擦状態と、ロータ51の回転（絞り部5の移動）を可能（ロータ51や絞り部5をフリー状態）にする状態、すなわち低摩擦状態と、ロータ51を正方向へ回転させる状態と、ロータ51を逆方向へ回転させる状態との4状態のうちから、任意の状態を選択することができるので、汎用性が広い。

【0097】

なお、前述の振動体6においては、駆動するための電極を4分割して駆動する場合について説明したが、それは、縦振動と屈曲振動を選択的に励振するための一例を示したのであり、本発明では、前述の振動体6の構造や駆動の方法に限定されるものではない。

また、本発明では、前記第3のモードまたは第4のモードが省略され、ロータ51が一方向にのみ回転するように構成されていてもよく、この場合も単一の振動体6で絞り部5を、往復運動、すなわち、両方向に移動させることができる。

【0098】

(第3実施形態)

次に、本発明の電気機器の第3実施形態について説明する。

図21は、本発明の電気機器の第3実施形態にかかる振動体を示す斜視図である。なお、以下の説明では、図21中の上側を「上」、下側を「下」、右側を「右」、左側を「左」と言う。

【0099】

以下、第3実施形態の電気機器1について、前述した第1、第2実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

第3実施形態の電気機器1は、第2実施形態にて記載した第1～第4のモードに加えて、さらに、縦振動および屈曲振動が複合される第5のモードおよび第6のモードを備える点に特徴を有する。これらのモードは、第1～第4のモードと同様に、各電極61a～61d、61f、65a～65d、65fへの通電パターンの変更により任意に選択され得る。

【0100】

この電気機器1の振動体6は、第2実施形態の検出電極61e、65eに代えて、圧電素子62の図21中上側に電極61fを備え、また、図21中下側に電極65fを備える。これらの電極61f、65fは、長方形の板状形状を有すると共に振動体6の長手方向の長さと略同一寸法を有し、振動体6の長手方向に沿って、その中央部に配置される。また、電極61fおよび電極65fは、振動体6の表裏にて電気的に接続され、他の電極61a～61d、65a～65dと同

様に通電回路20側に電気的に接続される（図示省略）。

【0101】

図22は、図21に示す電気機器における振動体が振動する様子を示す平面図である。

この電気機器1において、第5のモードでは、振動体6の対角線上に位置する電極61b、61d、65bおよび65dが通電され、これらの電極と補強板63との間に交流電圧が印加される。すると、これらの電極に対応する振動体6の部分がそれぞれ繰り返し伸縮し、振動体6全体が屈曲二次振動する。この屈曲二次振動により、振動体6の接触部66が、図22中の矢印bで示す斜めの方向に振動（往復運動）し、または、矢印cで示すように梢円振動（梢円運動）する。これにより、ロータ51が、接触部66から繰り返し摩擦力（押压力）を受けて、図22中の反時計回りに回転する。

【0102】

また、この第5のモードでは、さらに、振動体6の中央部の電極61fおよび65fが通電され、圧電素子62、64が、電極61fおよび65fの設置位置にて、高速かつ反復的に部分的に伸縮する。すると、振動体6が、長手方向の中心線上にて、長手方向に沿った部分的な微少振動を行う。これを縦一次振動という。この縦一次振動により、接触部66は、振動体6の長手方向に押圧力を増加され、強い押圧力にてロータ51に付勢する。これにより、屈曲二次振動のみにより振動体6を駆動する場合と比較して、高い駆動力を得られる利点がある。

【0103】

なお、この第5モードにおいて、通電されていない電極61b、61d、65bおよび65dは、振動体6の振動を検出する振動検出手段として機能する。これらの電極は、振動体6の駆動時にて、通電された電極61a、61c、61f、65a、65cおよび65fと、補強板63との間に誘起される電圧（誘起電圧）を検出して、発振回路81に入力する。発振回路81は、検出された誘起電圧に基づいて、振動体6の振幅が最大、すなわち、誘起出電圧が最大になるような周波数（共振周波数）の交流電圧を出力する。これにより、ロータ51を効率良く移動させ得る利点がある。なお、これらの通電されていない電極の作用は、

第1実施形態と同様である。

【0104】

図23は、図21に記載した振動体が振動する様子を示す平面図である。

この電気機器1において、第6のモードでは、振動体6の対角線上に位置する電極61b、61d、65bおよび65d、並びに、振動体6の中央部の電極61fおよび65fが通電される。そして、振動体6が第5のモードとは対称に振動し、ロータ51を図23中の時計回りに回転させる。これにより、逆方向の回転についても、高い駆動力を得られる利点がある。

【0105】

なお、この第6モードにおいて、通電されていない電極61a、61c、65aおよび65cは、振動体6の振動を検出する振動検出手段として機能する。これらの電極は、振動体6の駆動時にて、通電された電極61b、61d、61f、65b、65dおよび65fと、補強板63との間に誘起される電圧（誘起電圧）を検出して、発振回路81に入力する。発振回路81は、検出された誘起電圧に基づいて、振動体6の振幅が最大、すなわち、誘起出電圧が最大になるような周波数（共振周波数）の交流電圧を出力する。これにより、ロータ51を効率良く移動させ得る利点がある。なお、これらの通電されていない電極の作用は、第1実施形態と同様である。

【0106】

ここで、図21に示すように、振動体6本体部の長手方向に対して略垂直な方向の寸法（接触部66の突出方向に対して略垂直な方向にかかる本体部の寸法）、すなわち短辺の長さ寸法を、幅寸法A（以下、単に寸法Aとも言う）としたとき、その長さ寸法Lと幅寸法Aとの比（L/A）は、特に限定されないが、長さ寸法Lと幅寸法Aとの比（L/A）は、2～5程度が好ましく、3～4程度がより好ましく、3.54程度が特に好ましい。上記条件では、縦一次振動と屈曲二次振動の共振周波数の関係が適正となり、良好な駆動効率を得ることが出来る。

【0107】

なお、この電気機器1において、振動体6の振動モードは、上記第1～第6のモードに限定されず、当業者自明の範囲内にて任意の振動モードを採用してもよ

い。例えば、図21に記載した振動体6において、①電極61f、65fのみに交流電圧を印加して、振動体6に縦一次の振動を励起してもよいし、②電極61a～61f、65a～65fのすべてに交流電圧を印加し、かつ所定の電極に対する電圧の印加タイミングをずらし、振動体6に縦一次および屈曲三次の複合振動を励起してもよい。

【0108】

図26は、図21に記載した振動体の電気的特性を示すグラフである。同図では、横軸に振動体6の駆動時における振動周波数 [Hz] をとり、縦軸に振動体6がロータ51を押圧していないときの圧電素子62、64のインピーダンス [Ω] をとる。

図26に示すように、この振動体6は、縦一次振動の共振周波数 f_1 と、屈曲二次の共振周波数 f_2 とを有する。これらの共振周波数 f_1 、 f_2 では、いずれもインピーダンスが極小値をとる。ここで、これらの共振周波数 f_1 、 f_2 は、振動体6固有の周波数である。共振周波数 f_1 、 f_2 は、振動体6の形状や大きさ、接触部66の位置等の選択により、任意に設計変更可能である。この振動体6では、共振周波数 f_1 、 f_2 が相互に近接するよう設定される。例えば、この振動体6では、屈曲二次振動の共振周波数 f_2 が、縦一次振動の共振周波数 f_1 に対して、例えば、約1[%]～2[%]程度大きい。この構成において、これらの近傍の周波数、特に、これらの共振周波数 f_1 、 f_2 の中間の周波数にて振動体6を駆動すると、縦一次振動および屈曲二次振動の双方の複合振動が得られる。また、この複合振動は、縦一次振動および屈曲二次振動の双方の共振周波数 f_1 、 f_2 に近いため、双方の駆動特性を顕著に有する。これにより、振動体6の駆動状態にて、縦一次振動および屈曲二次振動の双方の駆動特性を効率的に得られる利点がある。

【0109】

また、この振動体6では、これらの共振周波数 f_1 、 f_2 が、相互に異なる数値となるように設定される（図26参照）。すると、押圧状態では、共振点近傍にて圧電素子62、64のインピーダンス変化が鈍くなり、縦一次振動の共振周波数 f_1 と屈曲二次振動の共振周波数 f_2 の際目が不明瞭となる。また、これら

の共振周波数 f_1 、 f_2 の近傍にて、特に、共振周波数 f_1 、 f_2 の中間の周波数にて、インピーダンスの値が低い周波数帯を幅広く形成できる。これにより、広い周波数帯にて縦一次振動および屈曲二次振動を結合した励振を行えると共に、駆動時の投入電力を安定化できる利点がある。

【0110】

また、この電気機器1では、振動体6が、縦一次振動の共振周波数 f_1 と、屈曲二次振動の共振周波数 f_2 との中間の振動周波数（駆動周波数）にて駆動される。この場合、振動体6の駆動周波数を縦一次振動の共振周波数 f_1 に近づけると、押圧力を増す方向の振動振幅が大きくなるので、振動体6の接触部66とロータ51との間の摩擦力が増加して、駆動力が高くなる（高駆動力型となる）。また、振動体6の駆動周波数を屈曲二次振動の共振周波数 f_2 に近づけると、振動体6の振動変位の内、ロータ51の回転方向の成分が大きくなるので、単位回数あたりのロータ51の回転量が増加して、駆動速度（回転速度）が高くなる（高速型となる）。このように、縦一次振動の共振周波数 f_1 と、屈曲二次振動の共振周波数 f_2 とをずらすと共に、これらの共振周波数 f_1 、 f_2 間の周波数帯にて駆動周波数を適宜設定（選択）することにより、例えば、駆動力や駆動速度に関して、任意の駆動特性を得られる利点がある。

【0111】

また、この振動体6では、屈曲二次振動の共振周波数 f_2 が、縦一次振動の共振周波数 f_1 よりも、 f_1 の 0.5 [%] ~ 3 [%] 程度大きいのが好ましく、1 [%] ~ 2 [%] 程度大きいのがより好ましい。

屈曲二次振動の共振周波数 f_2 と縦一次振動の共振周波数 f_1 との差を前記範囲内に設定することにより、押圧状態で縦一次振動と屈曲二次振動が同時に起きる（結合する）ので摩擦力と駆動力とが同時に得られ、良好な駆動特性が得られる。

【0112】

なお、これに限らず、縦一次振動の共振周波数 f_1 の方が、屈曲二次振動の共振周波数 f_2 より大きくてよい。この場合、縦一次振動の共振周波数 f_1 は、屈曲二次振動の共振周波数 f_2 よりも、 f_2 の 0.5 [%] ~ 3 [%] 程度大き

いのが好ましく、1 [%] ~ 2 [%] 程度大きいのがより好ましい。さらに、より大きな電力を投入し、大きな機械的出力を得るためにには、駆動周波数において、インピーダンスを下げることが好ましい。

【0113】

また、この振動体6では、屈曲二次振動の共振周波数f₂におけるインピーダンスの方が、縦一次振動の共振周波数f₁におけるインピーダンスより大きく、また、共振周波数f₁、f₂間にて、インピーダンスが極大となる周波数f₃を有する。そして、振動体6は、この縦一次振動の共振周波数f₁と、屈曲二次振動の共振周波数f₂との間の所定の駆動周波数にて駆動されるのが好ましく、f₃とf₂の間の所定の駆動周波数にて駆動されるのがより好ましい。これにより、振動体6の駆動時に縦振動と屈曲振動の振動位相をずらして励振することができる。したがって、接触部66を楕円軌道c（図8および図9参照）に沿って振動させることができ、振動体6からロータ51に対し、ロータ51を引き戻す力を与えることなく、効率良く力を与えることができる。

【0114】

なお、上記のように共振周波数f₁、f₂を異ならせたり、近接させたりする構成は、他の第1実施形態および第2実施形態にて適用してもよい。これにより、同様の効果を得られる利点がある。

なお、この第3実施形態の電気機器1では、各圧電素子62、64上にそれぞれ5枚の電極61a～61d、61f、65a～65d、65fを配置して、ロータ51の正転および反転の双方向駆動を実現する（図7～図10参照）。しかし、これに限らず、ロータ51を一方向にのみ回転させる場合には、振動体6をより簡素な構成としてもよい。

【0115】

図24は、図21に記載した振動体の変形例を示す斜視図である。この振動体6は、図21に記載した振動体6と比較して、電極61a、61c、61fに代えて、これらを結合した単一の電極61gをこれらが配置された位置と同じ位置に設ける。また、電極65a、65c、65fに代えて、これらを結合した単一の電極65g（図示省略。各符号のみを括弧内に示す。）をこれらが配置された

位置と同じ位置に設ける。また電極61dを65dとは独立に設ける。そして、他の電極61b、65b、65dを省略する点に特徴を有する。

【0116】

図25は、図24に記載した振動体が振動する様子を示す平面図である。この振動体6では、これらの単一電極61g、65gが通電され、これらが配置された部分にて圧電素子62、64が高速かつ反復的に伸縮する（図25参照）。すると、電極61g、65gの部分のうち、電極61a、61c、65a、65cに対応する部分の伸縮により、第5モードの作用と同様に屈曲二次振動が発生する。また、電極61g、65gの部分のうち、電極61f、65fに対応する部分の伸縮により、第5モードの作用と同様に縦一次振動が発生する。これにより、縦一次振動と屈曲二次振動との複合振動が発生して、第5モードの作用と同様の作用により、ロータ51が図25中の反時計回りに回転する。

電極61dは不図示の駆動回路8の発振回路81と接続し、発振周波数を適正な値に保つために使用される。

【0117】

なお、この振動体6では、ロータ51の駆動方向は、この一方のみである。この振動体6によれば、図21に記載した振動体6と比較して、電極の数を低減できるので、製品の構造を簡素化できると共に製品の製造工程を短縮化できる利点がある。また、一方のみの駆動なので通電回路20のスイッチ9を省略でき、これにより、製品をより簡素化できる利点がある。

【0118】

また、電極61b、61d、61fに代えて、これらを結合した単一の電極61（図示省略）を、これらが配置された位置と同じ位置に設ける。また、電極65b、65d、65fに代えて、これらを結合した単一の電極（図示省略）をこれらが配置された位置と同じ位置に設け、他の電極61a、61c、65a、65cを省略してもよい。この場合は、ロータ51は、前記と逆方向（図25中の時計回り）に回転する。

【0119】

（第4実施形態）

次に、本発明の電気機器1の第4実施形態について説明する。

図27は、本発明の電気機器の第4実施形態を示す平面図である。

以下、第4実施形態の電気機器1について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0120】

上記した第1実施形態の電気機器1では、接触部66が振動体6の一短辺の中央に配置される。しかし、接触部66の位置は、これに限定されない。例えば、図27に示すように、接触部66が、振動体6の短辺の中央からはずれた位置、すなわち、振動体6の長手方向の中心線上から外れた位置に設けられてもよい。かかる構成では、①接触部66の設置位置の偏りにより振動体6の重量にアンバランス、②振動体6を駆動する電極61a～61f、65a～65fの配置のアンバランス、③被駆動体からの反力が振動体6の中心線から外れて作用することによるアンバランス等が生じる。すると、通電により振動体6が伸縮したときに、縦振動および屈曲振動の複合振動が振動体6に容易に誘発される。これにより、振動体6の駆動効率を高められる利点がある。

【0121】

ここで、上記③の理由からすれば、接触部66は図19のように短辺全体に突出していても振動体6の中心線に対しロータ51の中心がずれていれば同等な効果があるので、本発明には、それも含まれる。

同様に、接触部66が短辺の中央部で突出していても振動体6の中心線とロータ51の中心がずれていれば同等であり、複合振動が誘発される。従って、本発明には、それも含まれる。

【0122】

以下、図39および図40に基づいてさらに説明する。

上記①～③の作用はそれぞれに独立したものであるので、自由に組み合わせることができる。例えば図39に示すように、振動体6の短辺全てにわたって設けられた接触部66に対して振動体6の中心線からはずれた位置でロータ51と接触させる構成とすることで、上記②と③の作用により縦振動および屈曲振動の複合振動を振動体6に誘発させ、駆動効率の向上を図ることが出来る。

また、同様に図40に示すように、台形形状の本体部を有する振動体6に対しても、長手方向の中心線からはずれた位置に接触部66を設け、ロータ51と接触させる事で、被駆動体からの反力を振動体6の中心線から外れて作用させ、振動体6の長手方向と直行する方向の変位を発生させることが可能となり、駆動効率が向上する。

【0123】

なお、この第4実施形態において、単一の電極61、65を圧電素子62、64の全面にそれぞれ設けた構成とすることも可能である。図28は、図27に記載した振動体の変形例を示す斜視図である。かかる構成によても、上記振動体6のアンバランスにより縦振動および屈曲振動の複合振動が誘発されるので、簡易な電極構成でロータ51を効率良く駆動できる利点がある。

【0124】

(第5実施形態)

図29は、本発明の電気機器の第5実施形態における超音波モータを示す断面平面図である。なお、以下の説明では、図29中の上側を「上」、下側を「下」、右側を「右」、左側を「左」と言う。

以下、第5実施形態の電気機器1について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0125】

同図に示すように、第5実施形態の電気機器1(超音波モータ)では、その振動体6の補強板63に、弾性(可撓性)を有する1対(2つ)の腕部68が一体的に形成されている。

1対の腕部68は、補強板63の長手方向(図29中上下方向)ほぼ中央に、長手方向とほぼ垂直な方向であって、かつ、補強板63(振動体6)を介して互いに反対方向に突出するよう(図29中左右対称に)設けられている。

この第5実施形態の電気機器1によれば、前述した第1実施形態と同様の効果が得られる。

【0126】

そして、この電気機器1では、振動体6に1対の腕部68が設けられているの

で、支持に対する剛性が高まり、駆動の反作用等の外力に対しても安定した支持ができる。さらに、左右対称になるので、図29中時計回り（右方向）の駆動特性と図29中反時計回り（左方向）の駆動特性への影響を均一化でき、正逆方向の特性が等しいものを実現することができる。

また、この第5実施形態に、前述した第2～第4実施形態を適用することができ、例えば、第3実施形態を適用することが好ましい。

【0127】

（第6実施形態）

次に、本発明の電気機器1の第6実施形態について説明する。

以下、第6実施形態の電気機器1について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

上記第1実施形態の電気機器1では、振動体6により円柱形状のロータ51を有する絞り部5を駆動した。しかし、これに限らず、振動体6により他の形状、構造を有する被駆動体を駆動することが好ましい。例えば、この電気機器1の被駆動体は、円柱形状のロータ51であるが、これに限られず、円筒形状、断面扇形形状、断面円弧形状等を有する回転構造物であることが好ましい（図示省略）。また、被駆動体は、ロータ51その他の回転構造物に限らず、スライダその他 の並進構造物であることが好ましい（図示省略）。

【0128】

図30および図31は、この第6実施形態にかかる電気機器の一例を示す側面図（図30）および平面図（図31）である。この電気機器1は、絞り部5のロータ51と遮蔽板52との間に、減速機構54を備える点に特徴を有する。この減速機構54は、小歯車541と、大歯車542とから成る。小歯車541は、ロータ51に対して同軸上に設けられ、ロータ51の上部に固定される。大歯車542は、この小歯車541に対して噛み合うと共に、遮蔽板52の底部に固定設置される。この構成において、振動体6がロータ51を叩き回転させると、このロータ51と共に小歯車541が回転する。そして、小歯車541により大歯車542が回転して、遮蔽板52を回転させる。これにより、光学系3から撮像部2への絞りが切り替わる。この構成によれば、減速機構54の作用により、

大きなトルクにて遮蔽板52を駆動できる利点がある。

【0129】

(第1变形例)

図32および図33は、この第6実施形態にかかる電気機器の第1变形例を示す側面断面図（図32）および平面断面図（図33）である。また、図34は、図32および図33に記載した遮蔽板を示す平面図である。これらの図において、上記第6実施形態の電気機器1と同一の構成要素には、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0130】

この電気機器1は、円盤状の回転板55を備える点に特徴を有する。この回転板55は、遮蔽板550と、軸部551と、縁部552と、開口部553a～553dを有する。遮蔽板550は、円盤形状を有し、この回転板55の基板を成す。軸部551は、円盤の中心にその回転軸を立てて設けられる。回転板55は、遮蔽板550の平面をベース4の平面に略平行に向け、軸部551をベース4の中央に位置させて、回転可能に設置される。縁部552は、遮蔽板550の外周に設けられ、遮蔽板550の外周に環状の壁面を構成する。開口部553a～553dは、遮蔽板550上にて軸部551を囲み設けられ、相互に異なる開口面積を有する。また、開口部553a～553dは、光学系3および撮像部2の中間に位置し、回転板55の回転により相互に切り換えられる。一方、振動体6は、その接触部66にて、回転板55の縁部552内周面に対して摩擦接觸する。なお、この振動体6では、接触部66が、振動体6の長手方向の中心線から外れた位置に設けられる（図33参照）。これにより、振動体6の駆動時に振動体6にアンバランスが生じ、縦振動および屈曲振動の複合振動が容易に誘発されるので、振動体6の駆動効率を高められる利点がある。

【0131】

この構成において、振動体6が駆動されて回転板55の縁部552を叩くと、遮蔽板550が回転して開口部553a～553dが切り替わる。これにより、回転板55は、光学系3から撮像部2への光量を複数段階に切り換える可変絞り部として機能する。

また、この第6実施形態の第1変形例において、回転板55は、開口部553a～553dに代えて、相互に異なる色のカラーフィルタ554a～554dを有してもよい（図35参照）。これにより、回転板55は、上記と同様の作用により、光学系3から撮像部2への光を複数段階に切り替え可能なフィルタ部として機能する。

【0132】

（第2変形例）

図36は、この第6実施形態にかかる電気機器の第2変形例を示す平面断面図である。同図において、上記第6実施形態の電気機器1と同一の構成要素には、同一の符号を付し、その説明を省略する。

上記した第6実施形態の電気機器1では、振動体6が、その長手方向の中心線を回転板55の半径方向に向けて配置される（図33参照）。かかる構成では、振動体6の振動方向が回転板55縁部552の内壁面に略直交し、振動体6の振動が効率的に回転板55に伝わるので、機構の駆動効率を高められる点で好ましい。しかし、これに限らず、図36に示すように、例えば、振動体6は、その長手方向の中心線が、回転板55の半径方向からずれた角度で配置されてもよい。これは、例えば、回転板55の半径が小さいために、振動体6の長手方向を回転板55の半径方向に向けられない場合にて、振動体6を適切に設置できる点で有益である。

【0133】

（第3変形例）

図37および図38は、この第6実施形態にかかる電気機器の第3変形例を示す側面断面図（図37）および平面断面図（図38）である。これらの図において、上記第6実施形態の電気機器1と同一の構成要素には、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0134】

上記した第6実施形態では、回転板55に縁部552を設け、振動体6の接触部66をこの縁部552に内側に当てて、内周側から回転板55を駆動する。しかし、これに限らず、図37および図38に示すように、振動体6を回転板55

の外周側に設け、外周側から回転板55を駆動する構成としてもよい。これにより、回転板55に対する振動体6の配置にバリエーションを持たせ得る利点がある。

【0135】

以上、本発明を、図示の実施形態や変形例に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。

なお、本発明は、前記各実施形態や各変形例のうちの、任意の2以上の構成（特徴）を組み合わせたものであってもよい。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】 第1実施形態にかかる電気機器を示す斜視図。
- 【図2】 図1に記載した電気機器を示す正面図。
- 【図3】 図1に記載した電気機器を示す側面図。
- 【図4】 図1～図3に記載した電気機器の作用を示す説明図。
- 【図5】 図1～図3に記載した電気機器の作用を示す説明図。
- 【図6】 図1～図3に記載した電気機器の作用を示す説明図。
- 【図7】 図1～図6に記載した振動体を示す斜視図。
- 【図8】 図7に記載した振動体の動作を示す説明図。
- 【図9】 図7に記載した振動体の動作を示す説明図。
- 【図10】 図1～図9に記載した振動体の通電回路を示すブロック図。
- 【図11】 寸法に対する振動体の振幅および駆動効率を示すグラフ。
- 【図12】 振動体の振幅および駆動効率の算出方法を示す説明図。
- 【図13】 振動体の振幅および駆動効率の算出方法を示す説明図。
- 【図14】 寸法と駆動ICにかかる衝撃電圧との関係を示すグラフ。
- 【図15】 駆動ICにかかる衝撃電圧の算出方法を示す説明図。
- 【図16】 寸法と圧電素子に生ずる最大応力との関係を示すグラフ。
- 【図17】 腕部の幅と機械的品質係数との関係を示すグラフ。
- 【図18】 圧電素子に生じる最大応力の計測方法を示す説明図。
- 【図19】 本発明の電気機器の第2実施形態における振動体の斜視図。

【図 2 0】 電気機器の第 2 実施形態における回路構成を示すブロック図

【図 2 1】 本発明の電気機器の第 3 実施形態の振動体を示す斜視図。

【図 2 2】 図 2 1 に示す振動体が振動する様子を示す平面図。

【図 2 3】 図 2 1 に記載した振動体が振動する様子を示す平面図。

【図 2 4】 図 2 1 に記載した振動体の変形例を示す斜視図。

【図 2 5】 図 2 4 に記載した振動体が振動する様子を示す平面図。

【図 2 6】 図 2 1 に記載した振動体の駆動特性を示すグラフ。

【図 2 7】 本発明の電気機器の第 4 実施形態を示す平面図。

【図 2 8】 図 2 7 に記載した振動体の変形例を示す斜視図。

【図 2 9】 本発明の電気機器（超音波モータ）の第 5 実施形態を示す平面図。

【図 3 0】 第 6 実施形態にかかる電気機器の一例を示す側面図。

【図 3 1】 第 6 実施形態にかかる電気機器の一例を示す平面図。

【図 3 2】 第 6 実施形態の電気機器の第 1 変形例を示す側面断面図。

【図 3 3】 第 6 実施形態の電気機器の第 1 変形例を示す平面断面図。

【図 3 4】 図 3 2 および図 3 3 に記載した遮蔽板を示す平面図。

【図 3 5】 図 3 2 および図 3 3 の遮蔽板の変形例を示す平面図。

【図 3 6】 第 6 実施形態の電気機器の第 2 変形例を示す平面断面図。

【図 3 7】 第 6 実施形態の電気機器の第 3 変形例を示す側面断面図。

【図 3 8】 第 6 実施形態の電気機器の第 3 変形例を示す平面断面図。

【図 3 9】 第 4 実施形態の電気機器の変形例を示す平面図。

【図 4 0】 第 4 実施形態の電気機器の変形例を示す平面図。

【符号の説明】

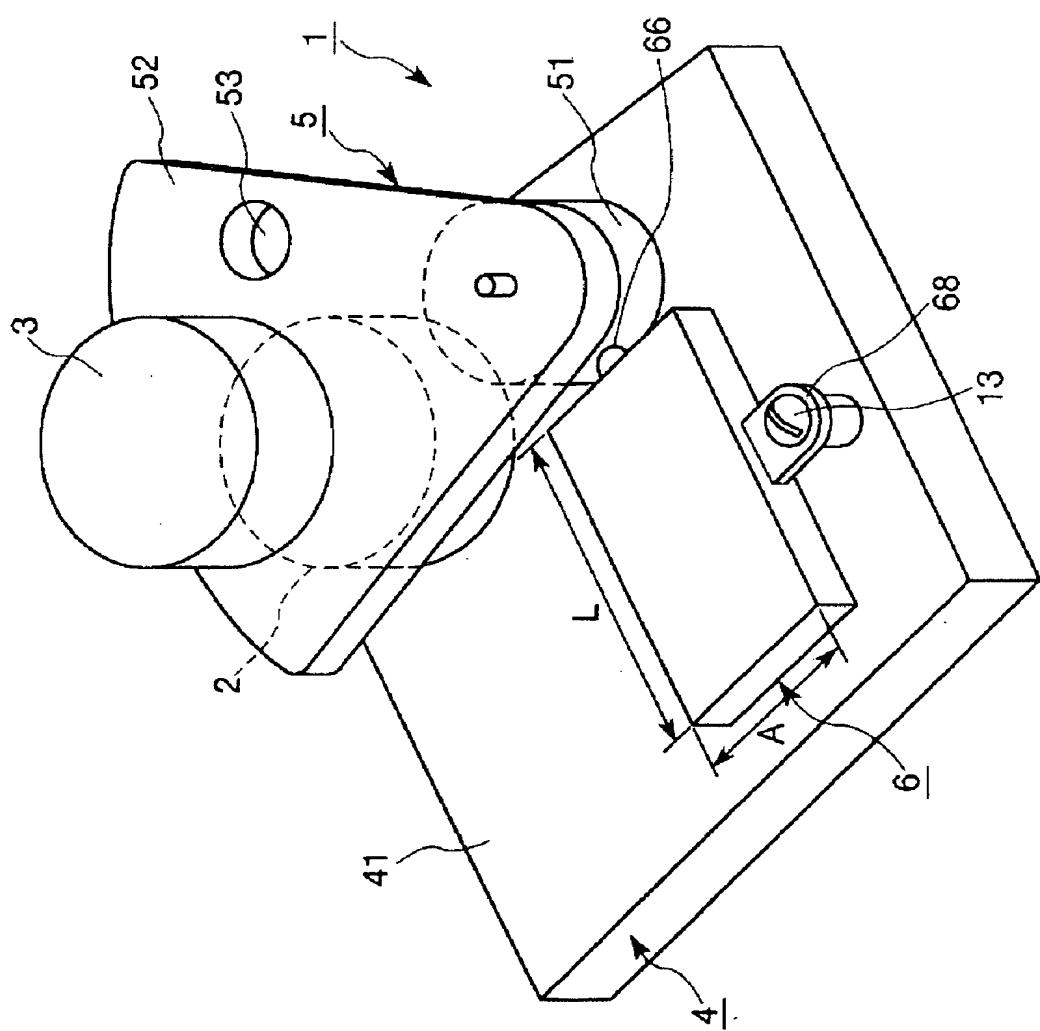
1 … 電気機器、 2 … 撮像部、 3 … 光学系、 4 … ベース、 5 … 絞り部、 6 … 振動体、 8 … 駆動回路、 9 … スイッチ、 13 … ボルト、 16 … スイッチ、 20 … 通電回路、 41 … ベースの表面、 51 … ロータ、 52 … 遮蔽板、 53 … 開口部、 54 … 減速機構、 55 … 回転板、 61a ~ 61g、 65a ~ 65g … 電極、 62、 64 … 圧電素子、 63 … 補強板、 66 … 接触部、 68 … 腕部、 81 … 発振回路、 82 … 増幅回路、 83 … 回転量制御回路、 91、 92 … スイッチ部、 93 ~ 98、 1

63～168…端子、161、162…スイッチ部、511…外周面、541…
小歯車、542…大歯車、550…遮蔽板、551…軸部、552…縁部、55
3a～553d…開口部、554a～554d…カラーフィルタ、681…孔

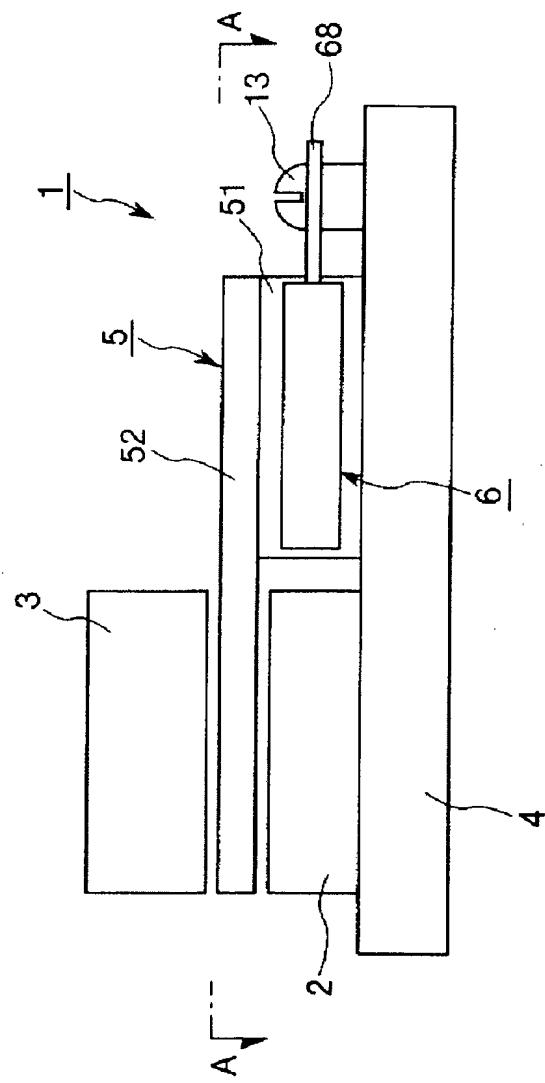
【書類名】

図面

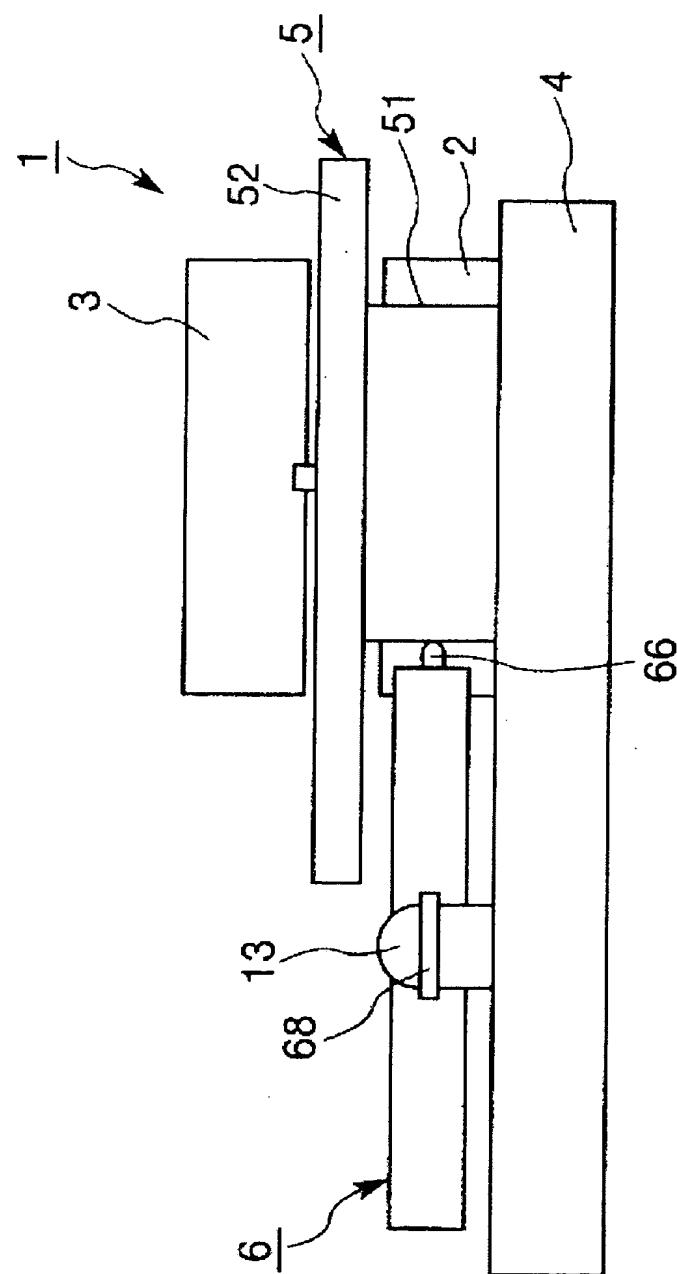
【図1】



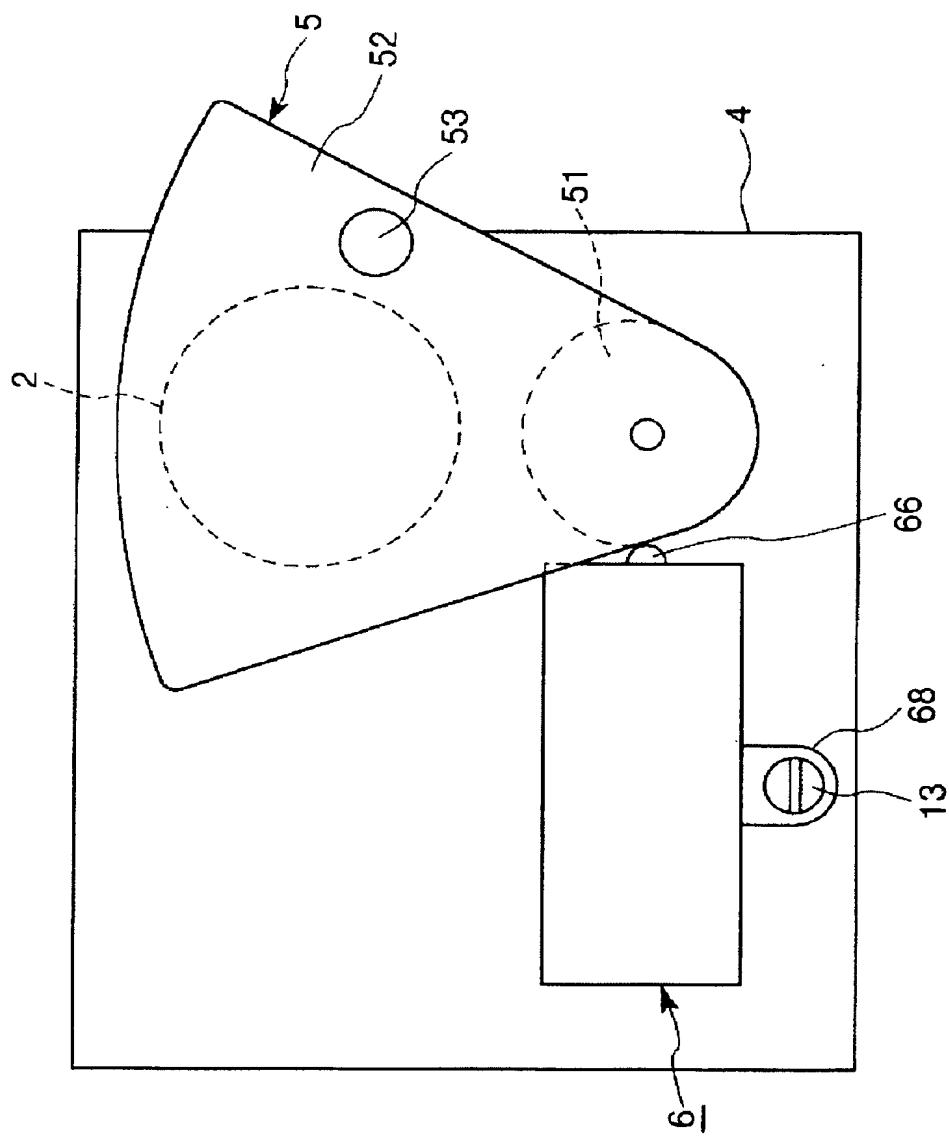
【図2】



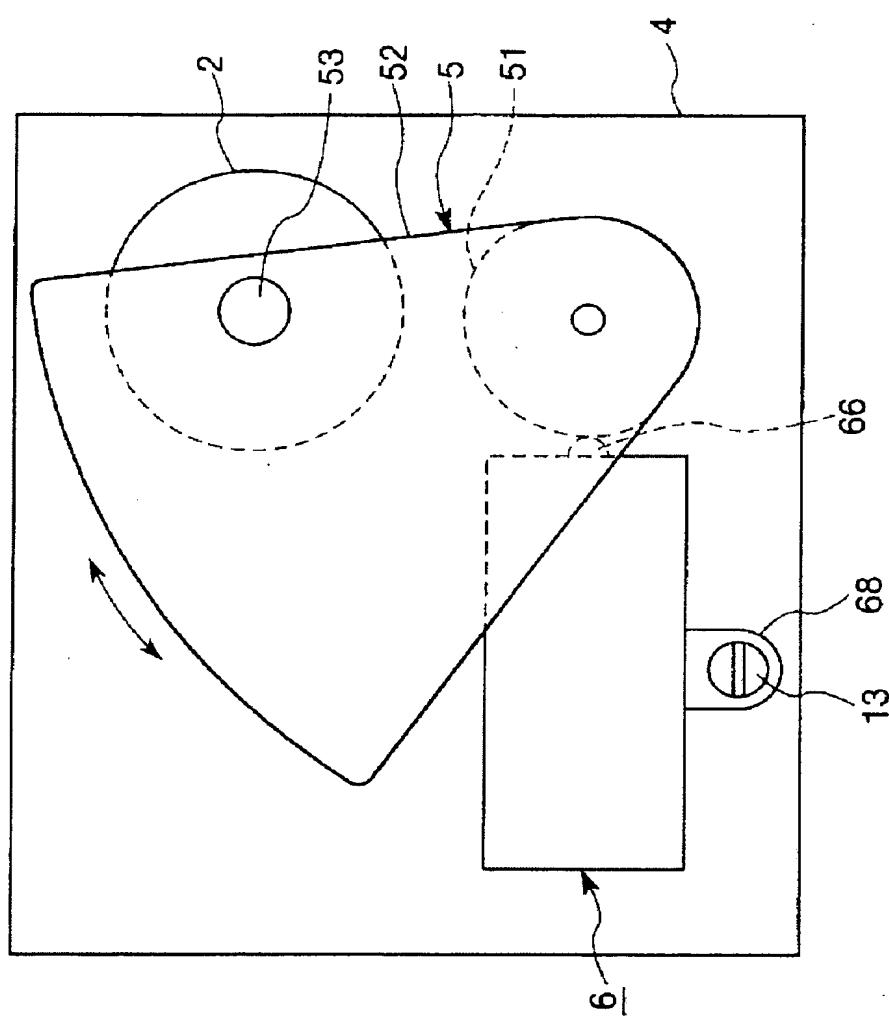
【図3】



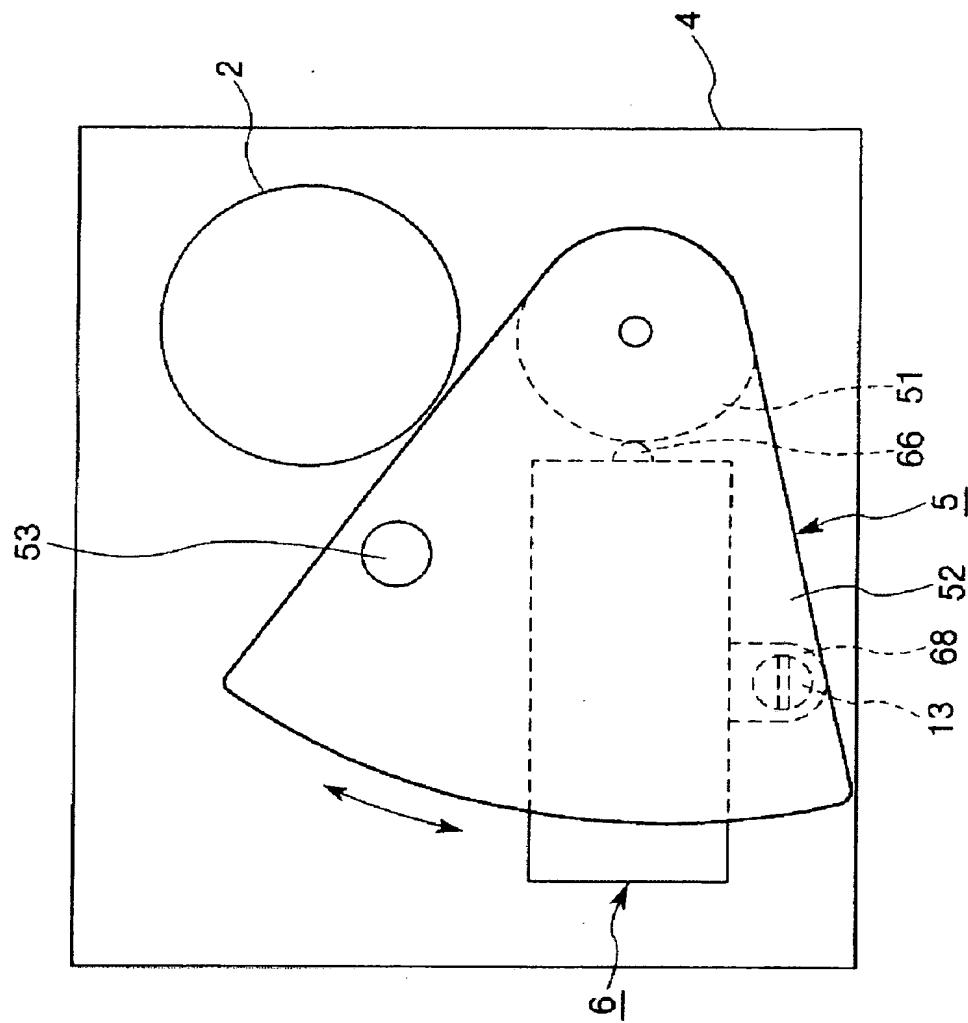
【図4】



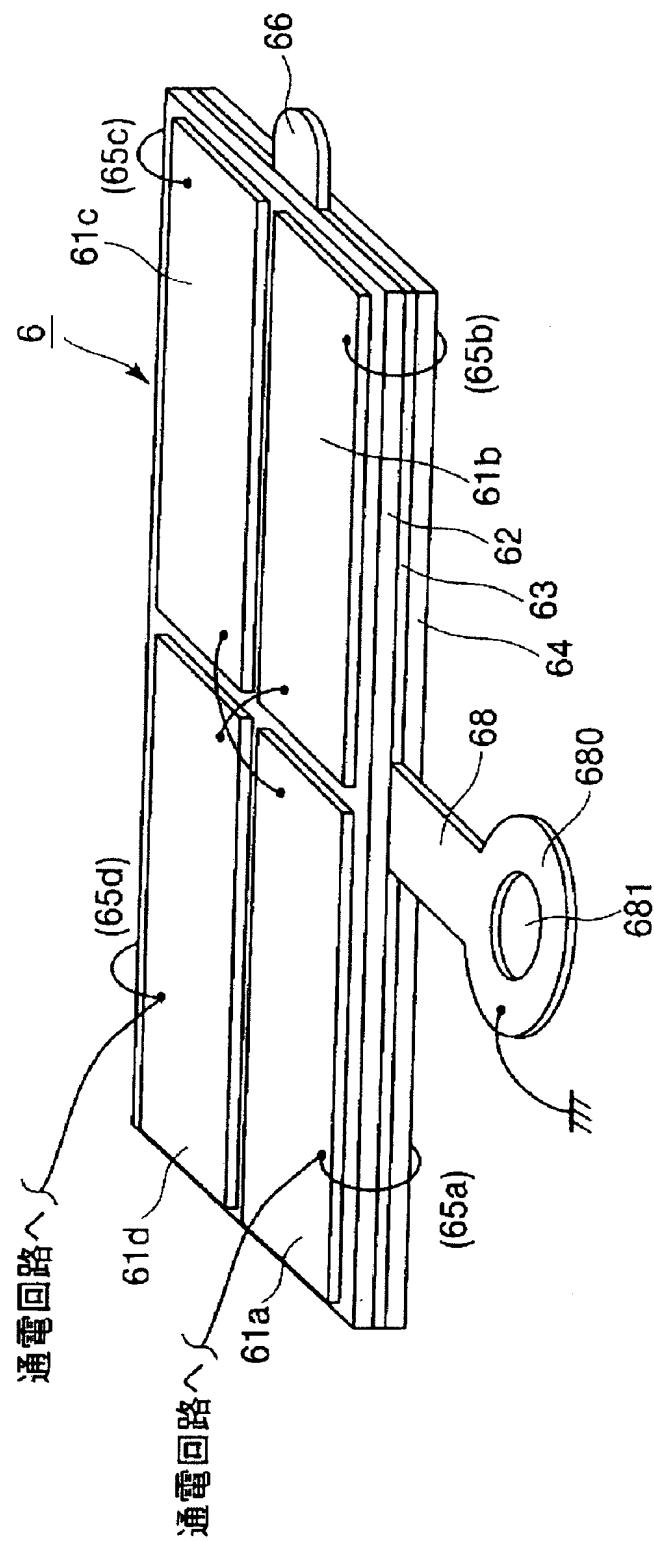
【図5】



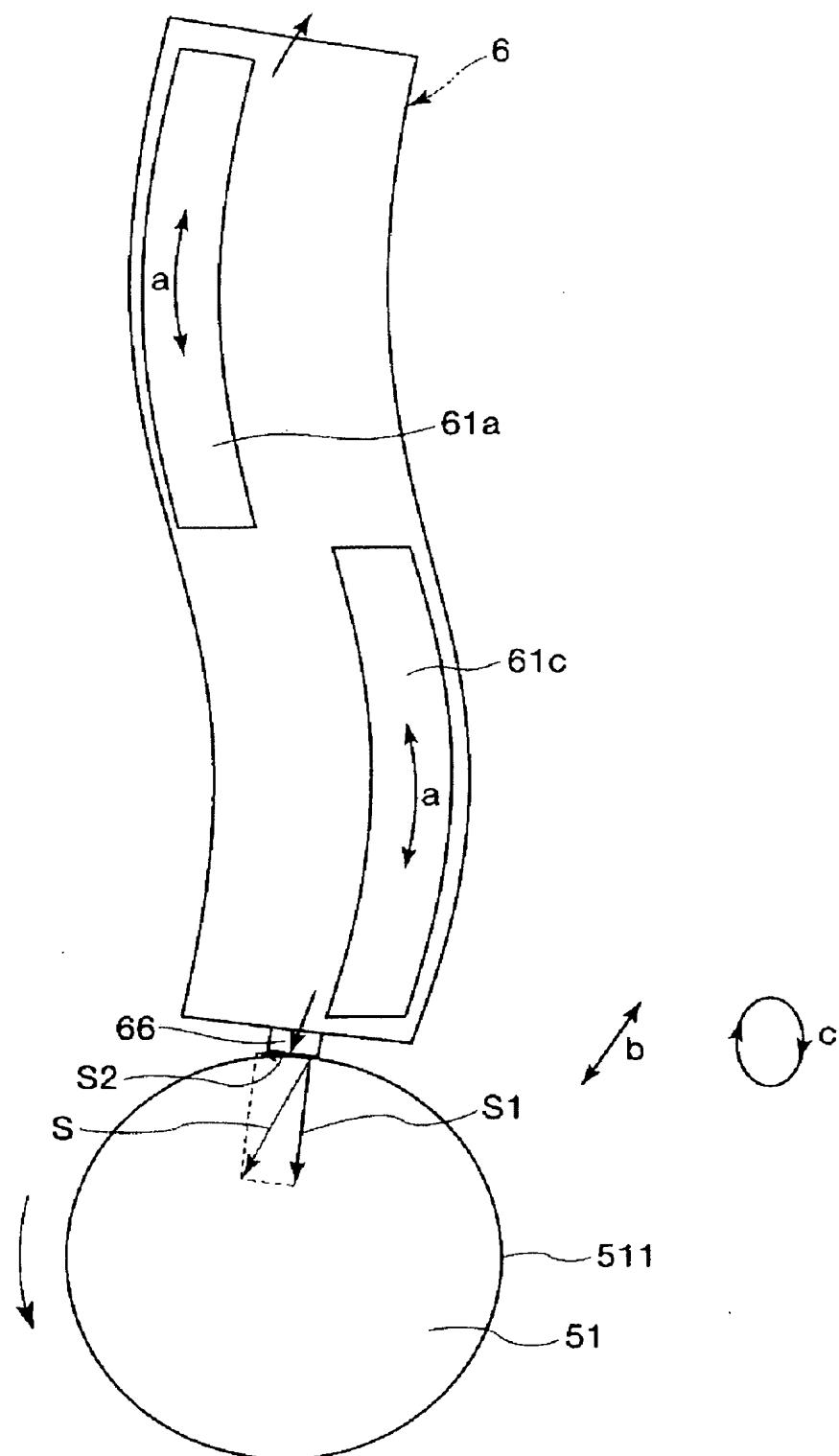
【図6】



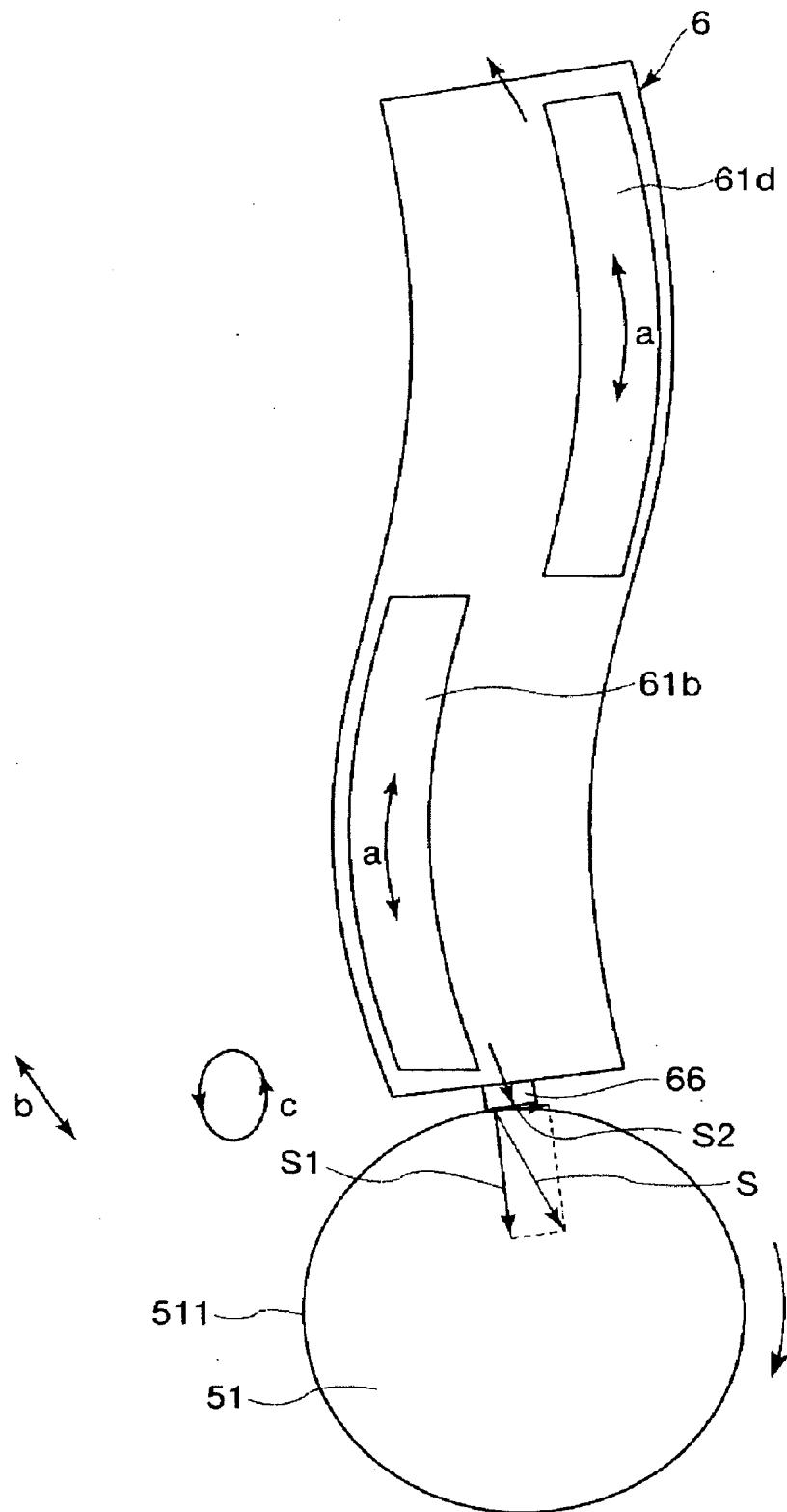
【図7】



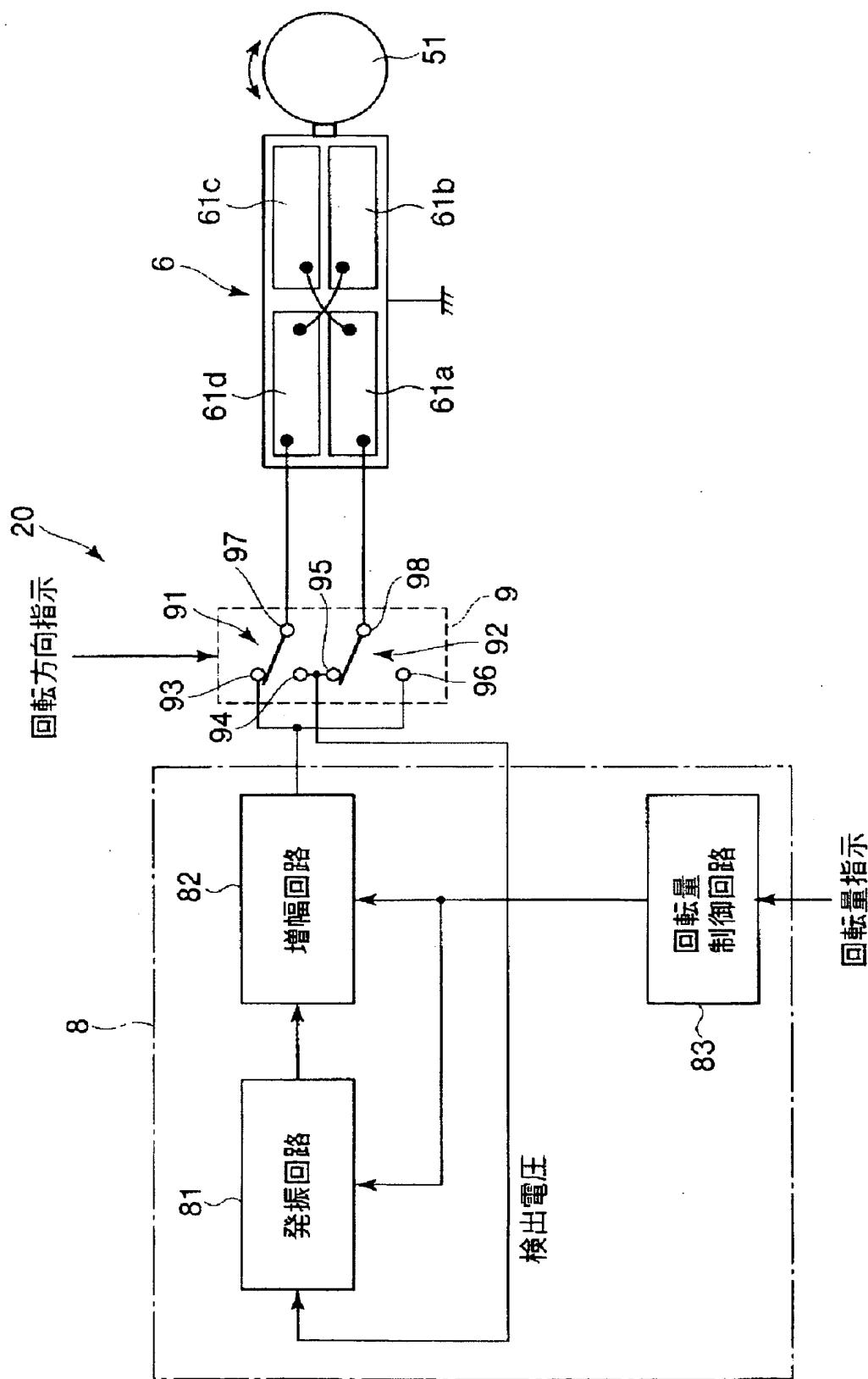
【図8】



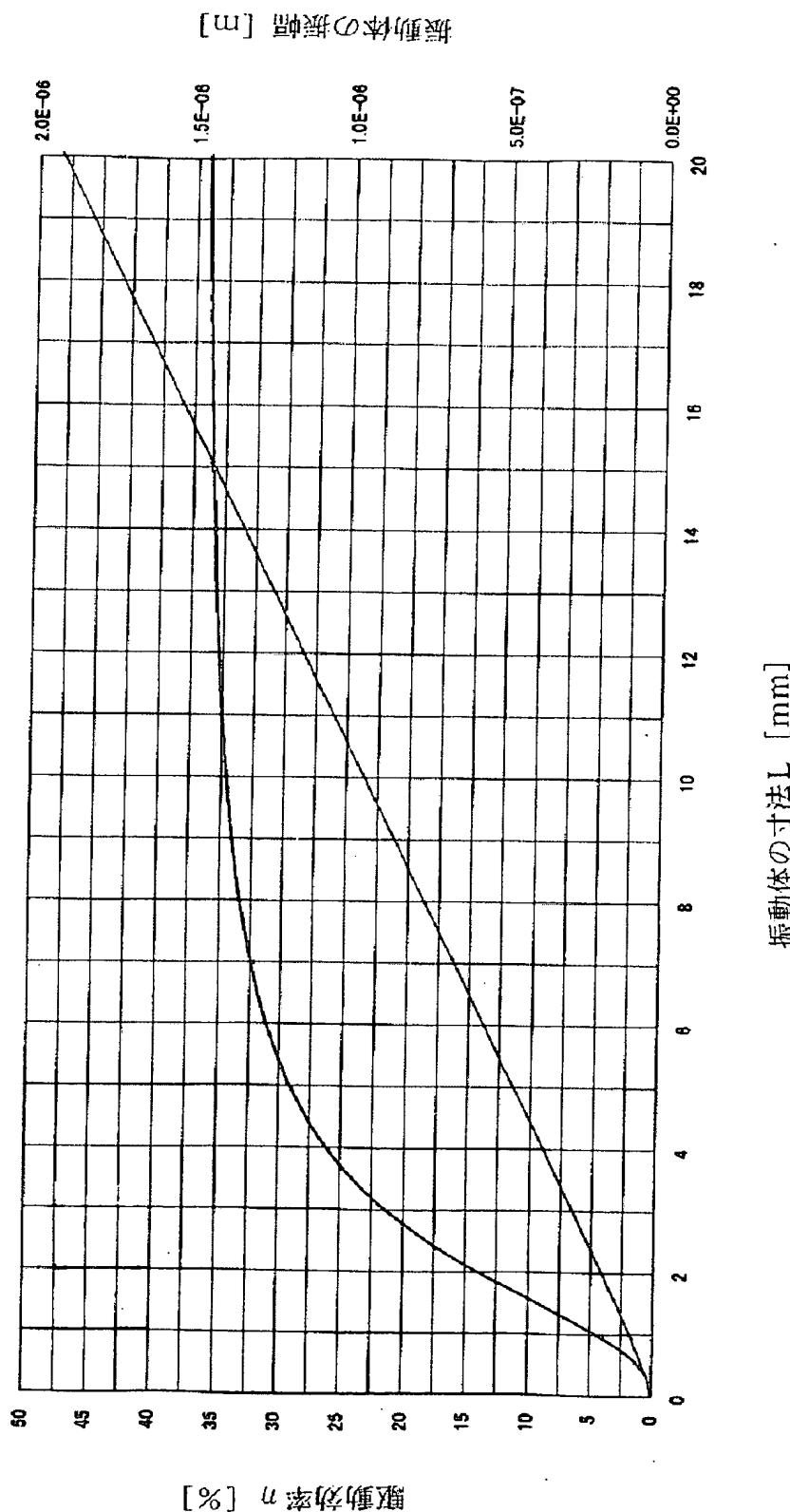
【図9】



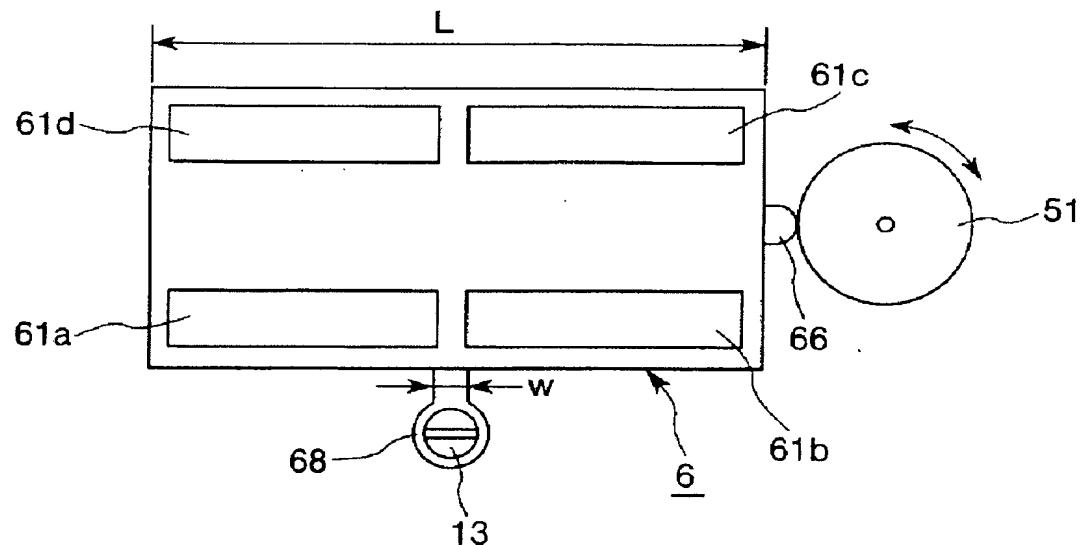
【図10】



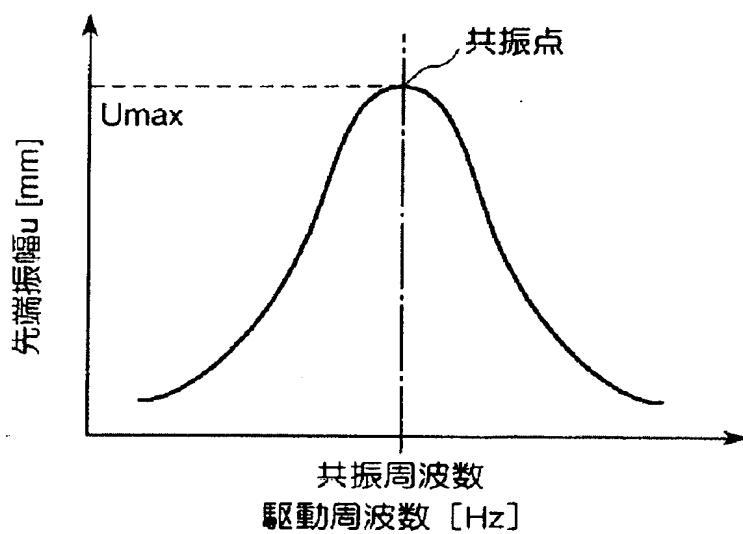
【図11】



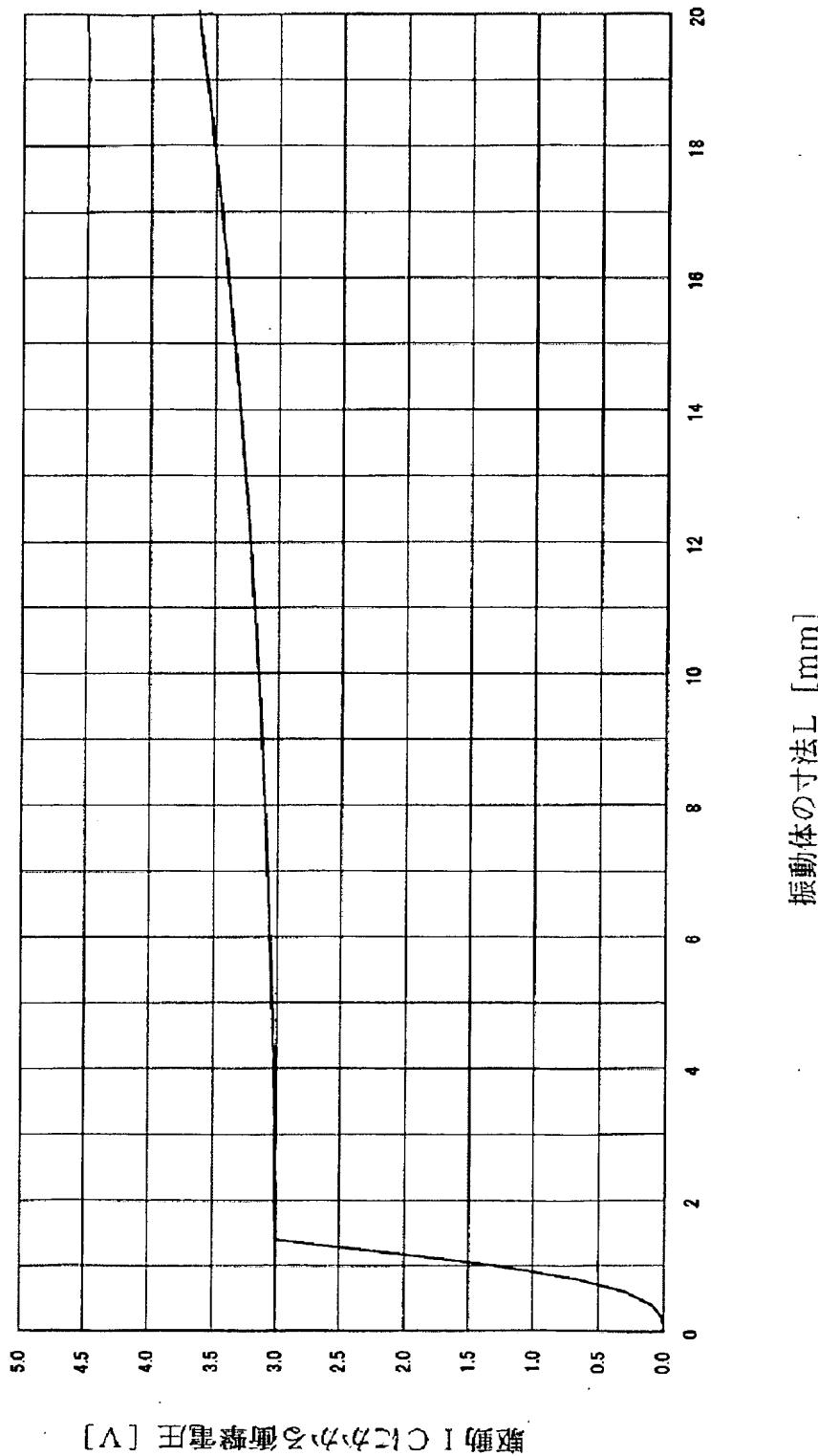
【図12】



【図13】

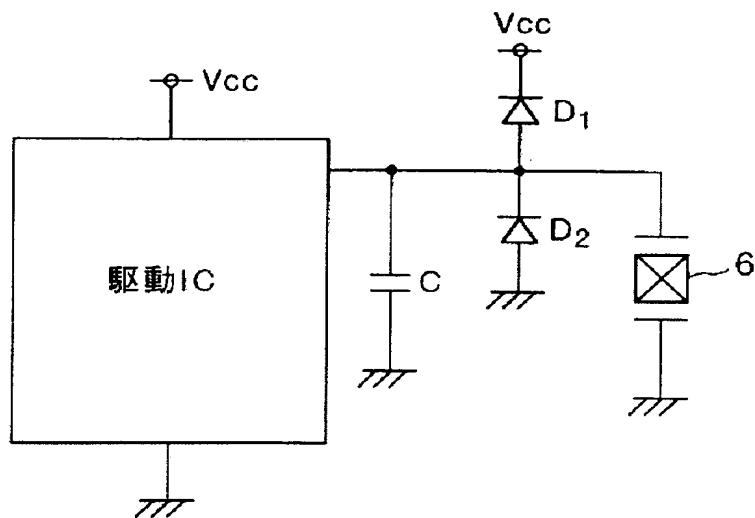


【図14】

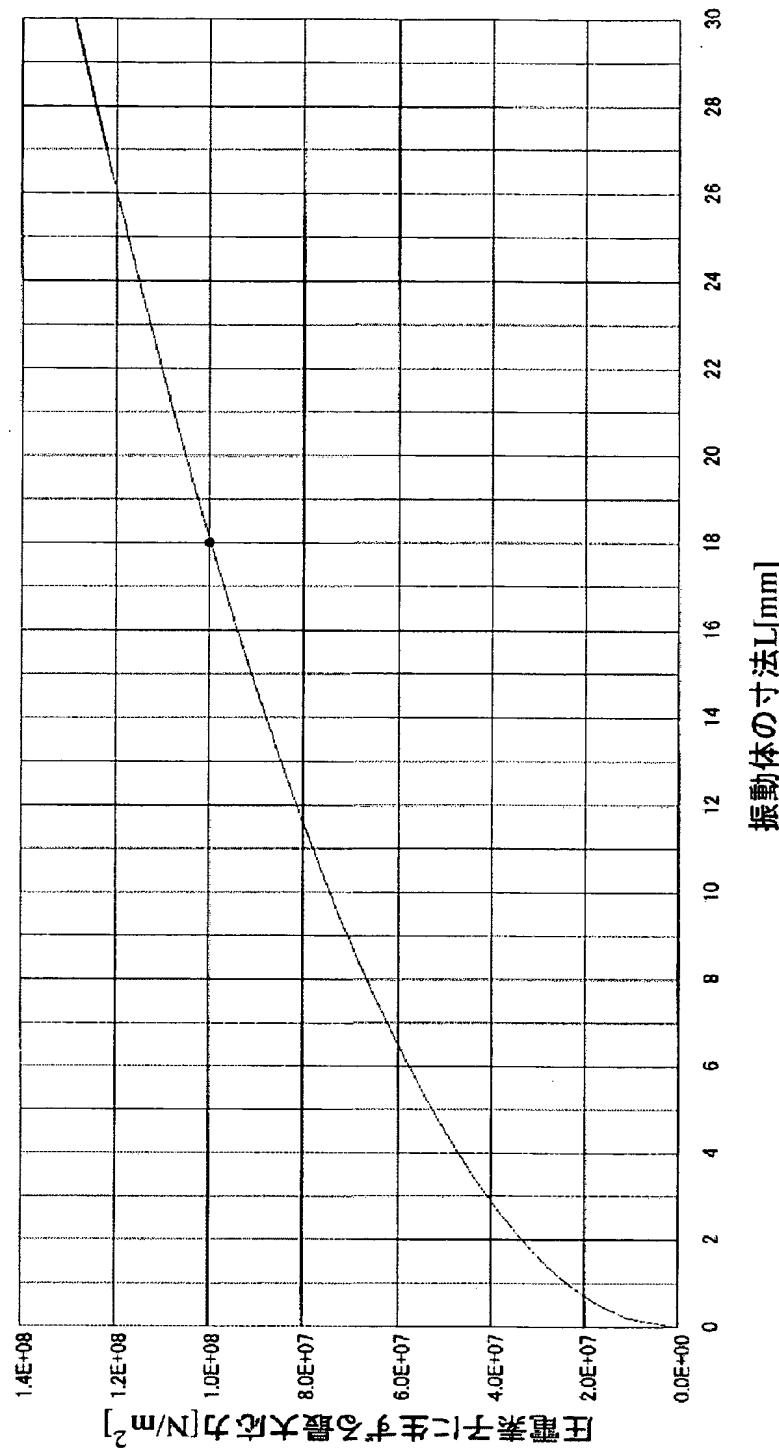


電圧 I C1G 力力の電磁電壓 [V]

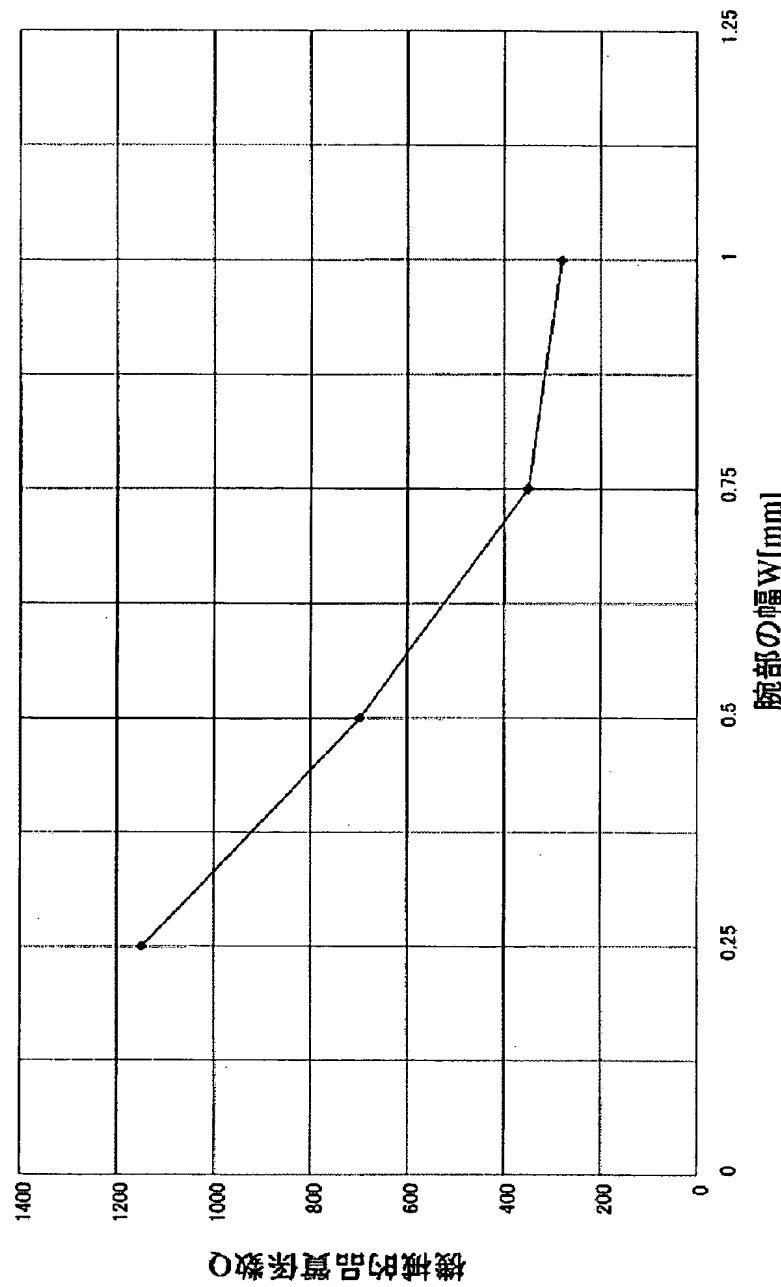
【図15】



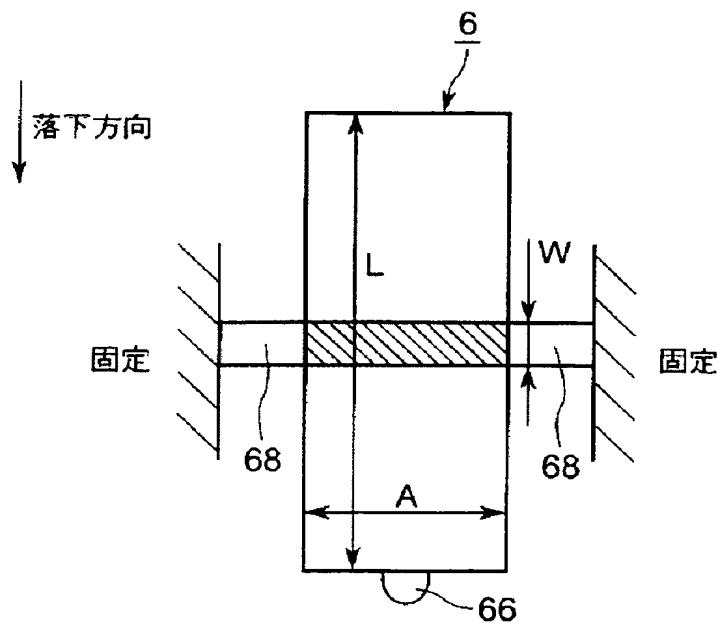
【図16】



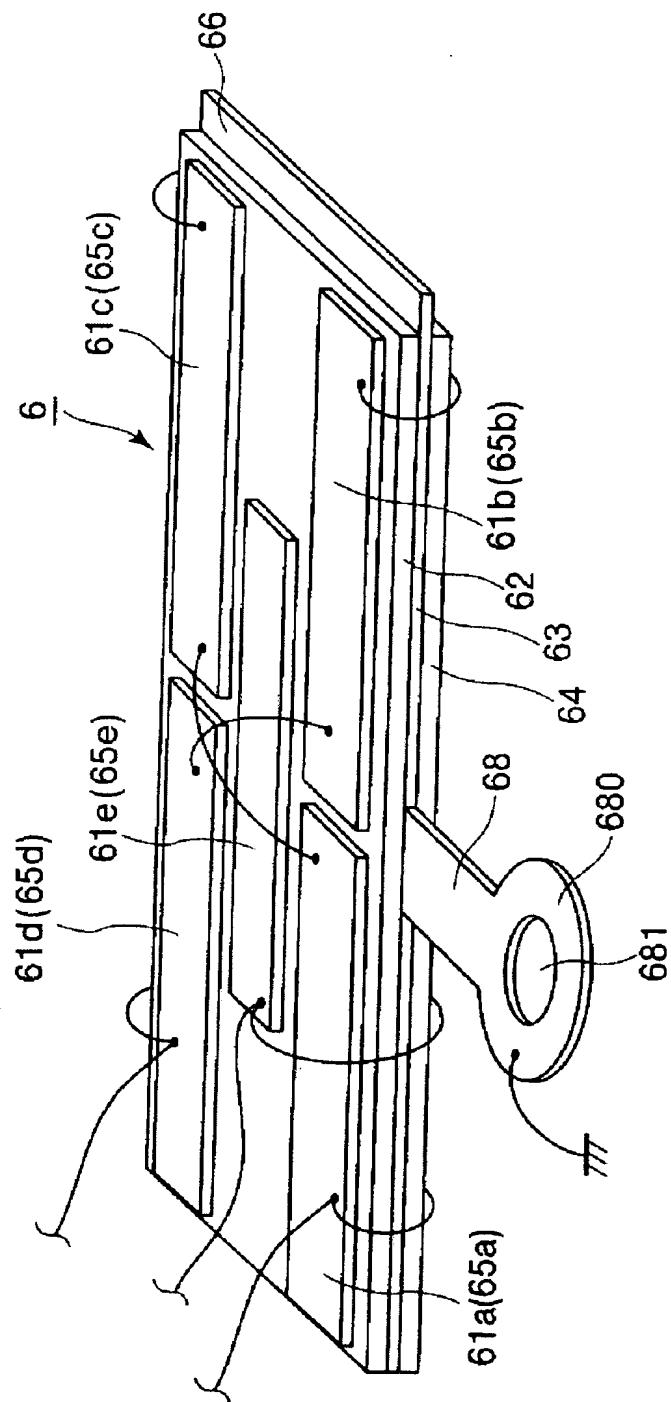
【図17】



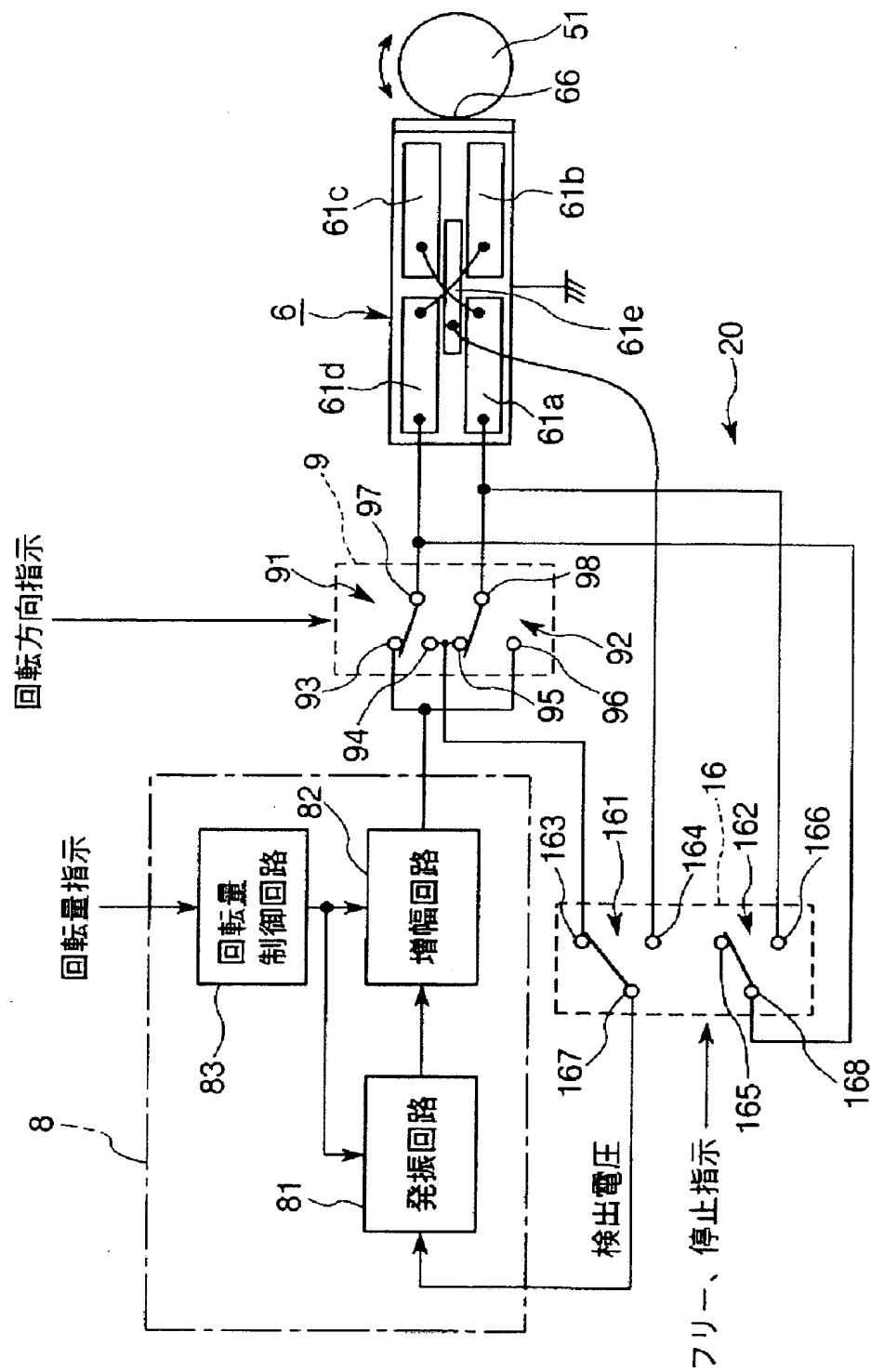
【図18】



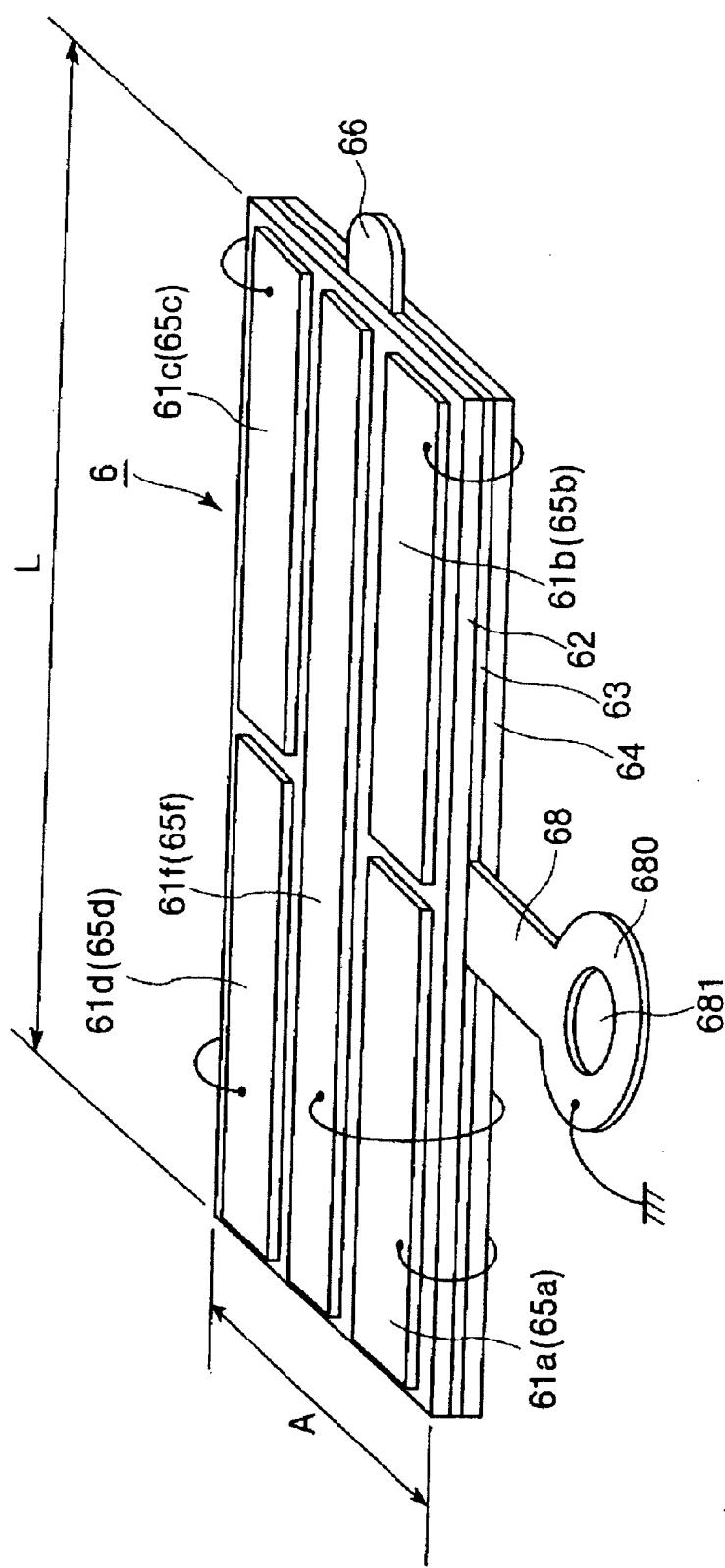
【図19】



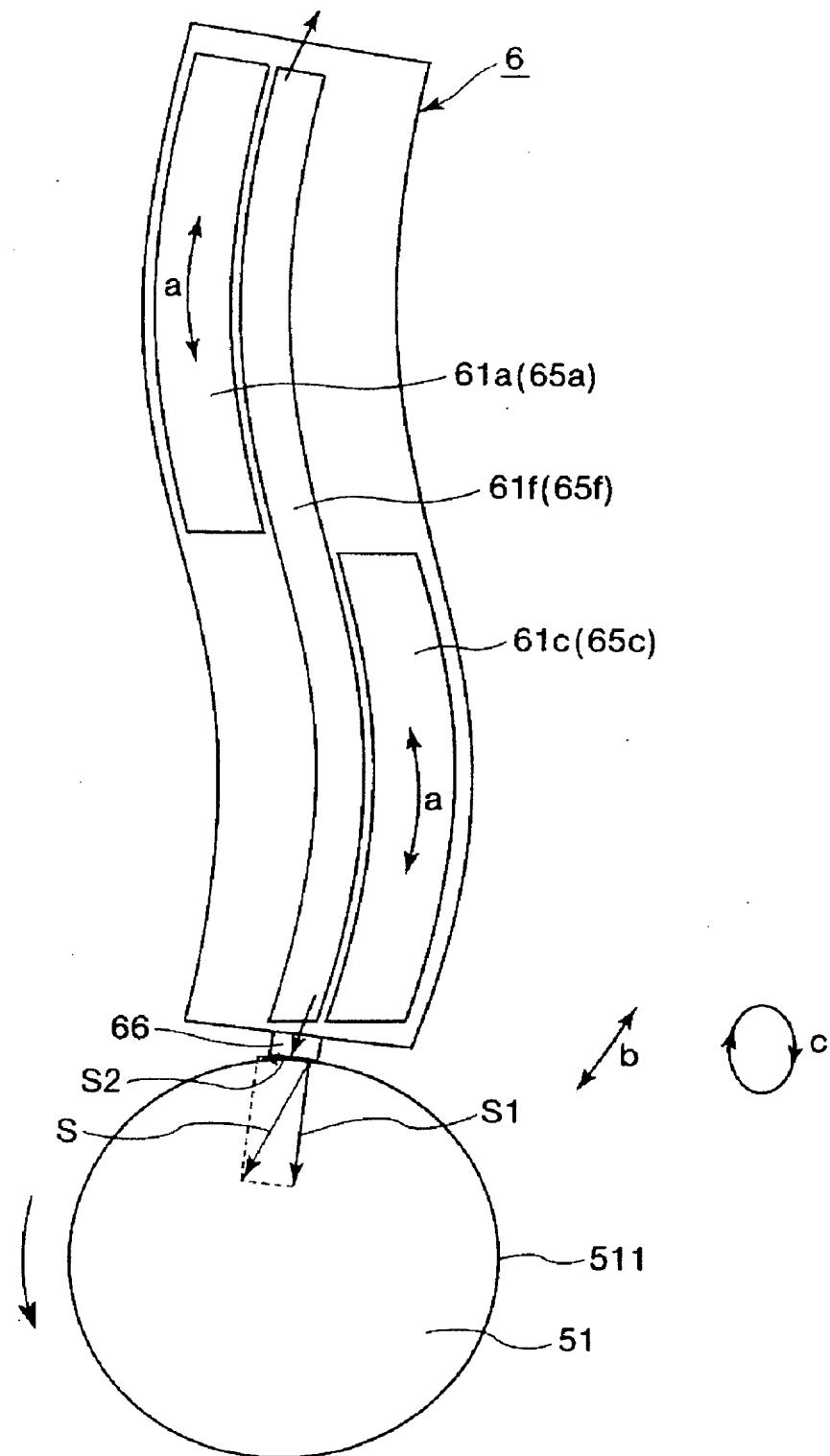
【図20】



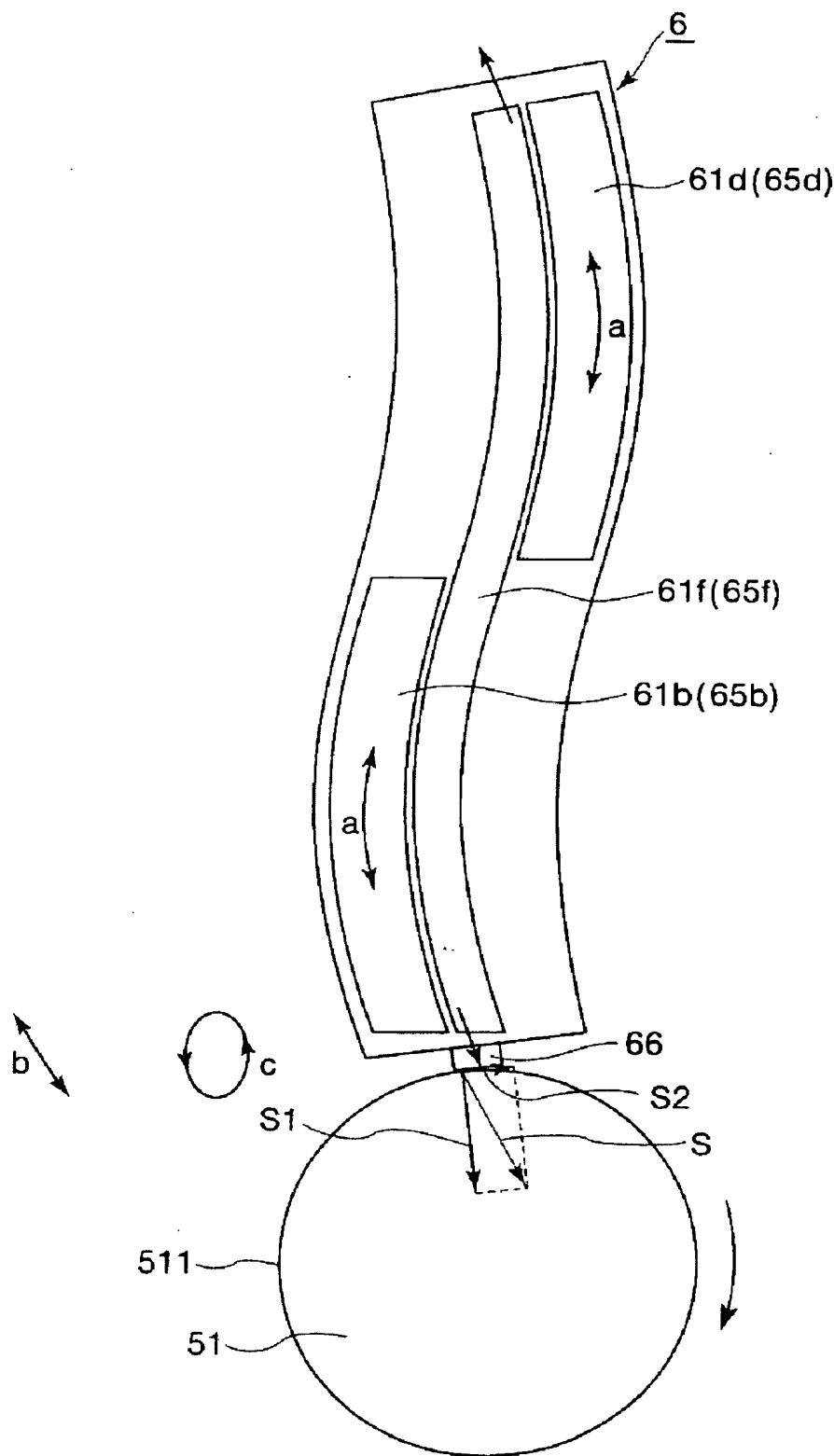
【図21】



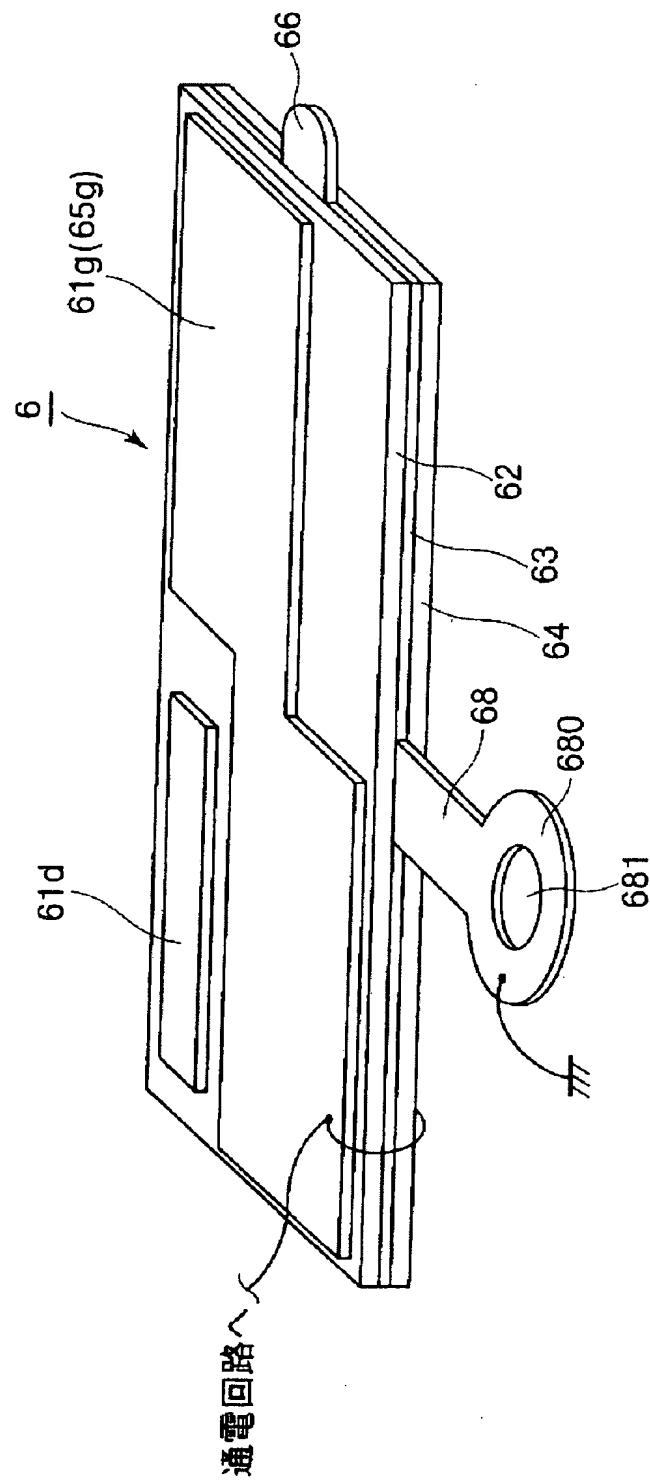
【図22】



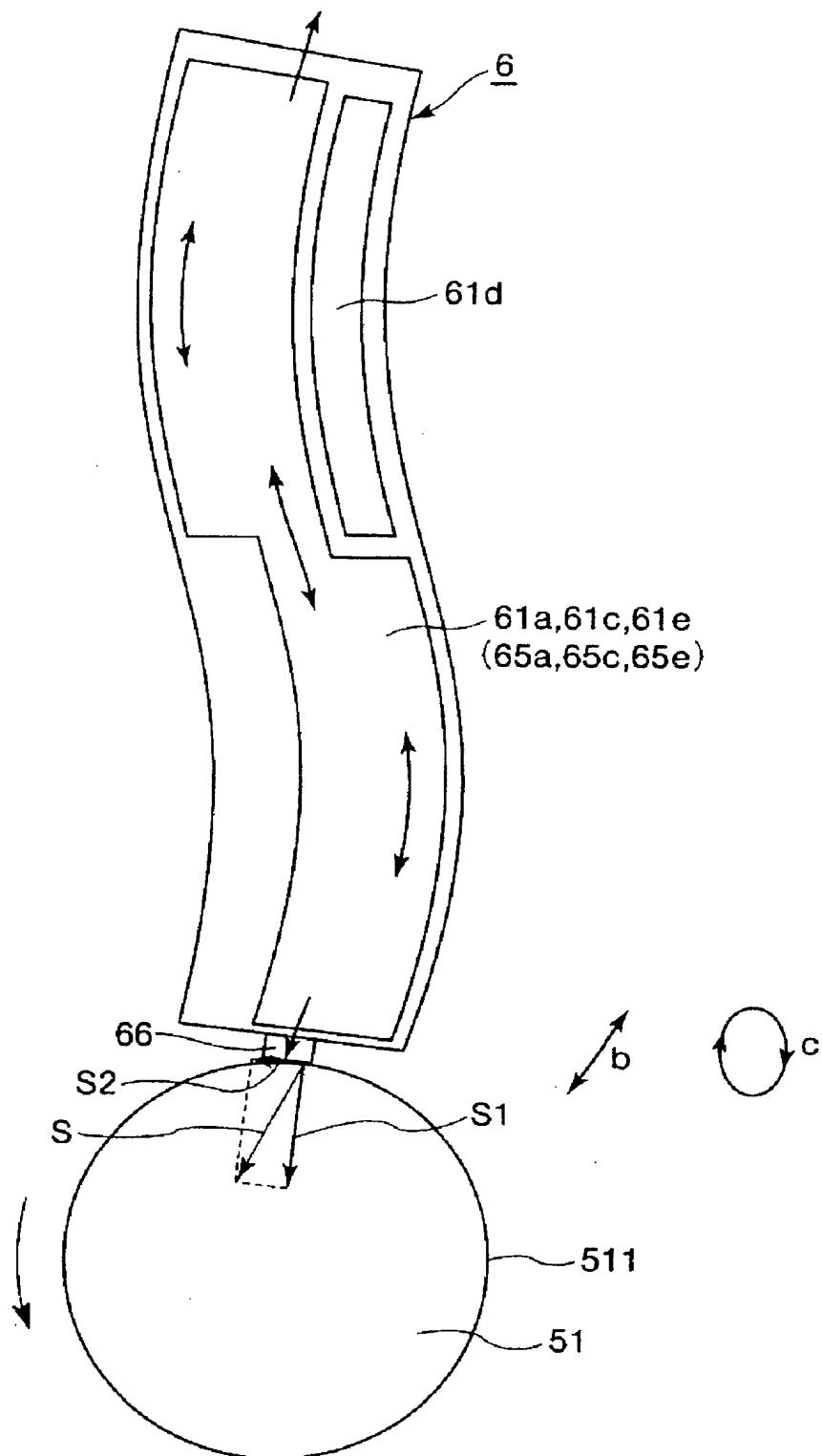
【図23】



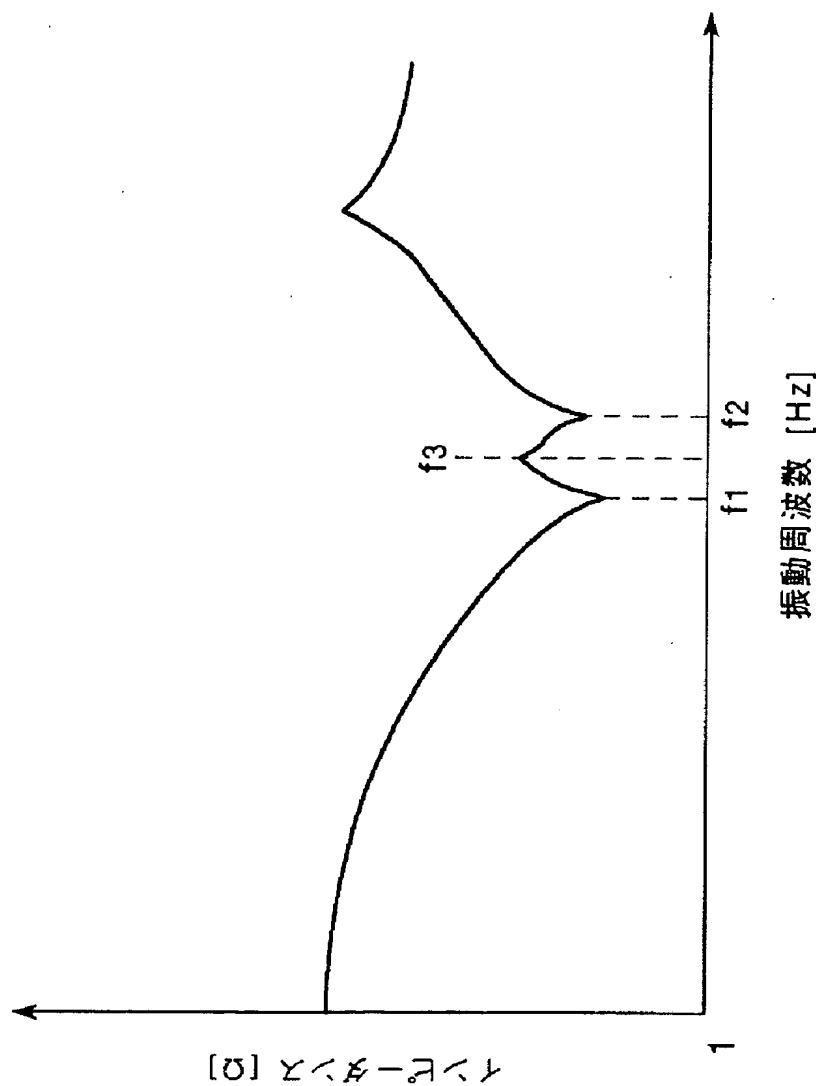
【図24】



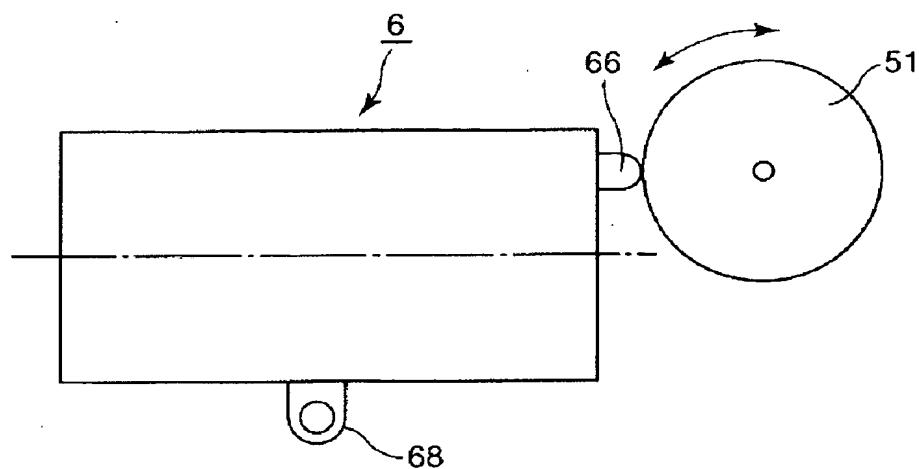
【図25】



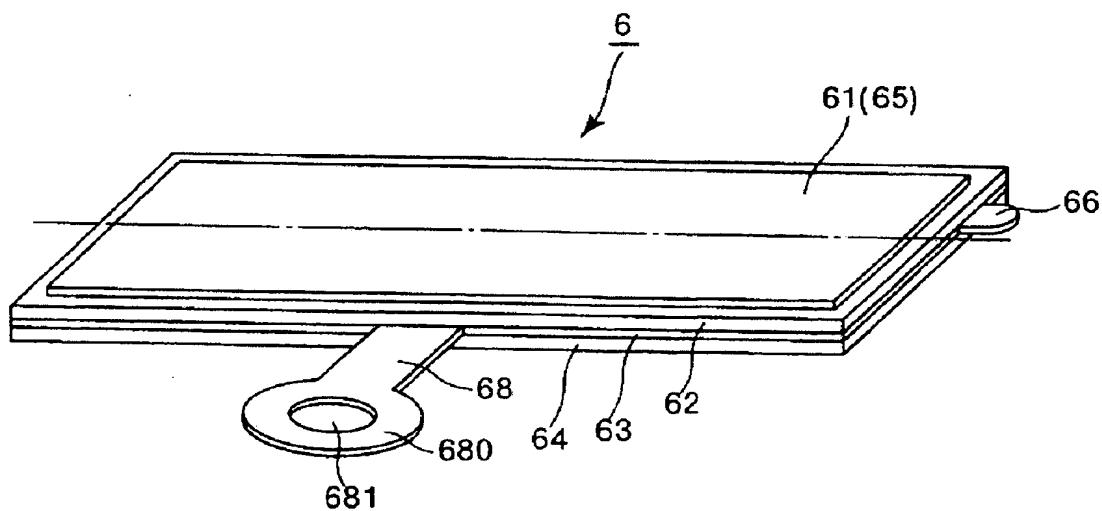
【図26】



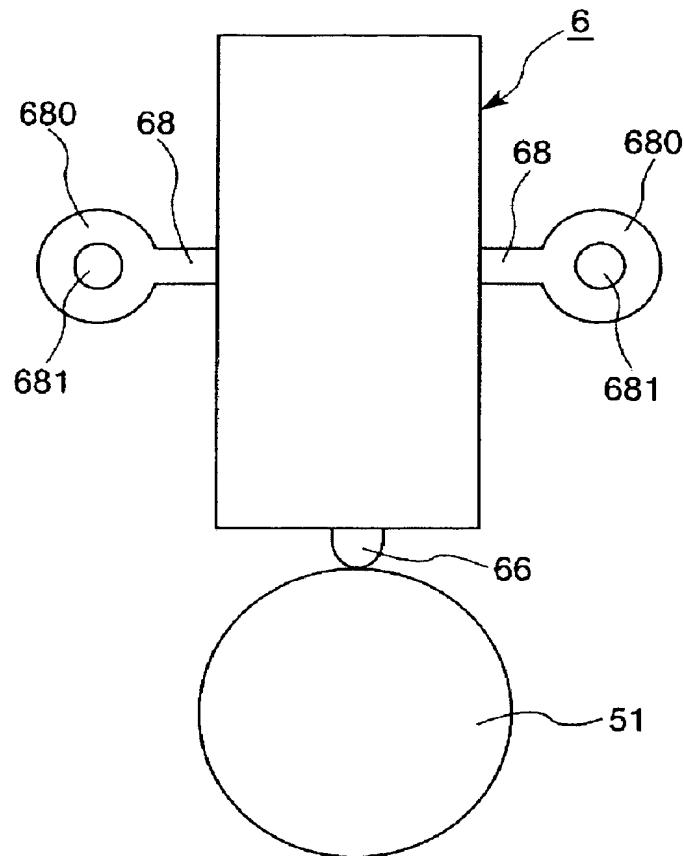
【図27】



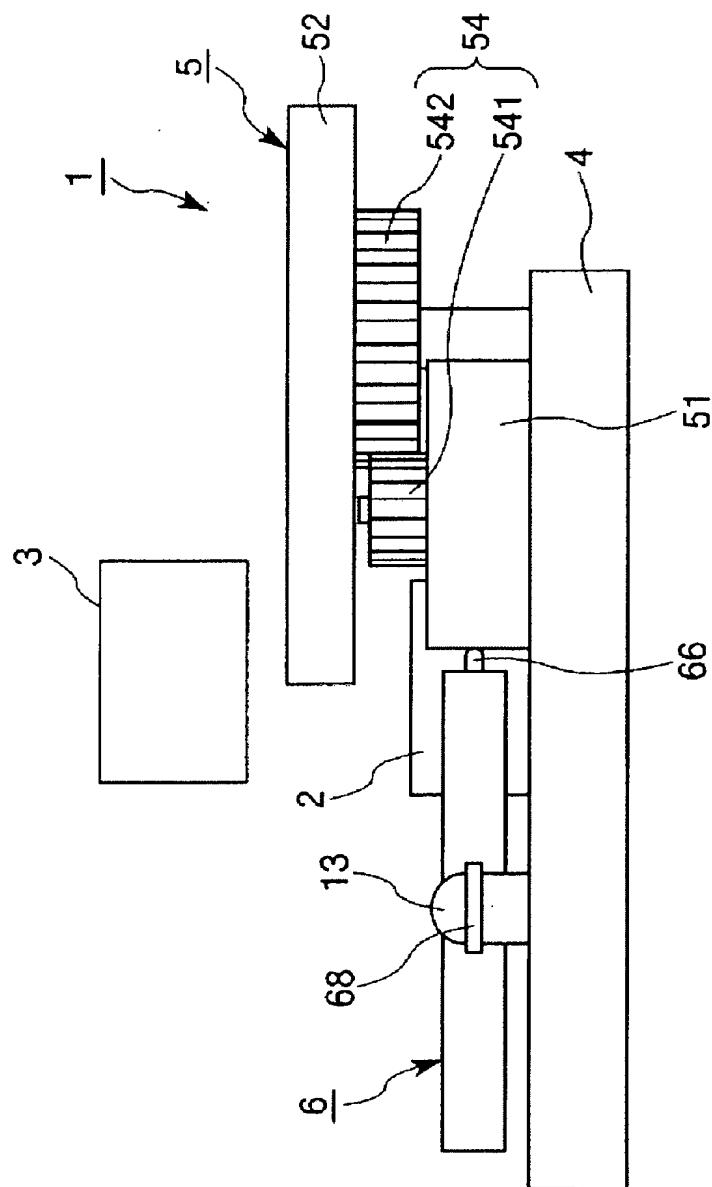
【図28】



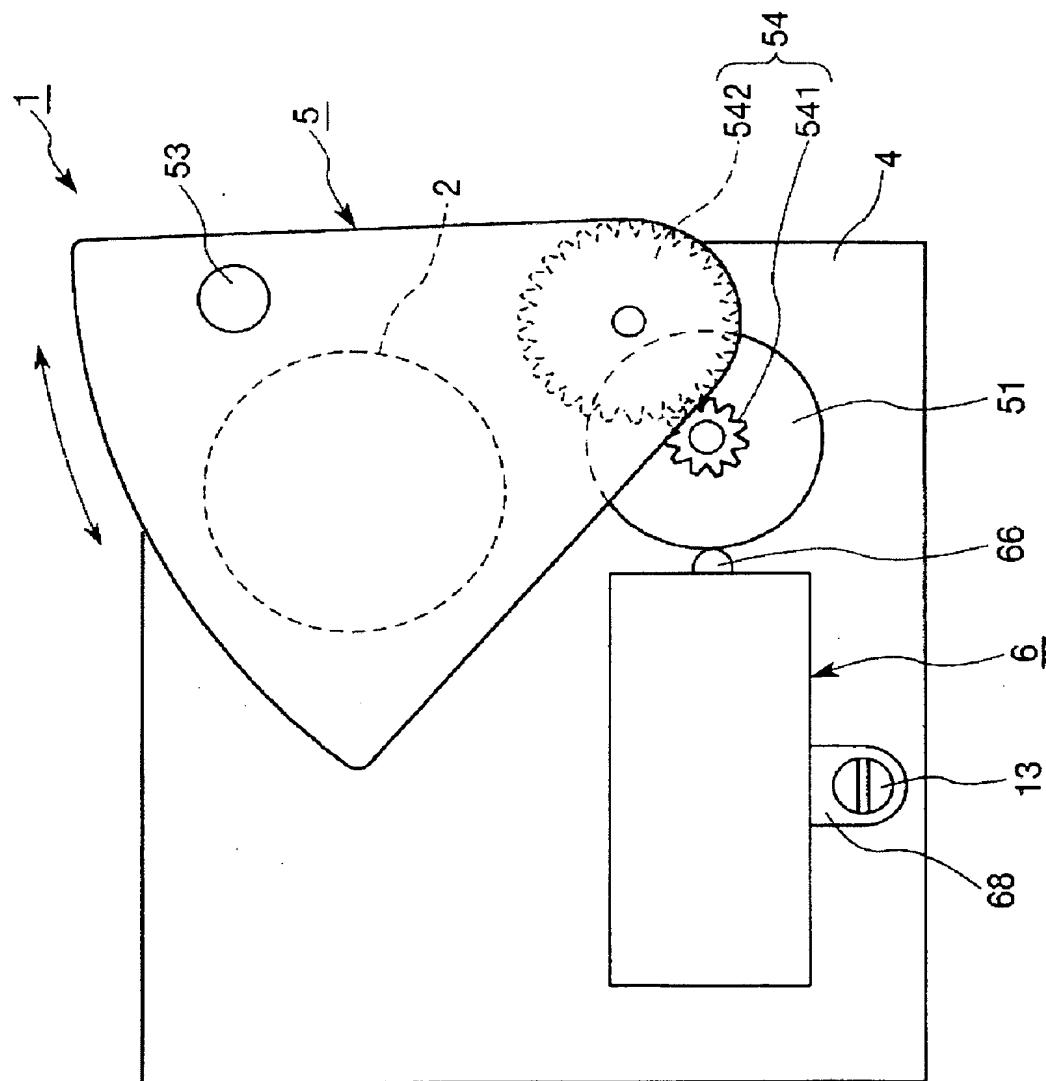
【図29】



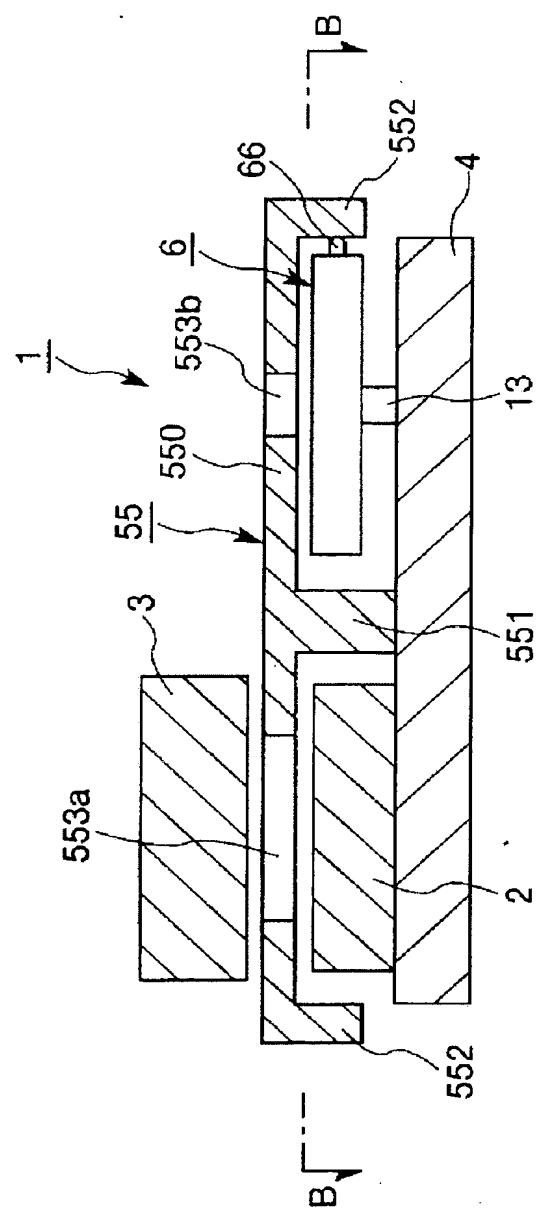
【図30】



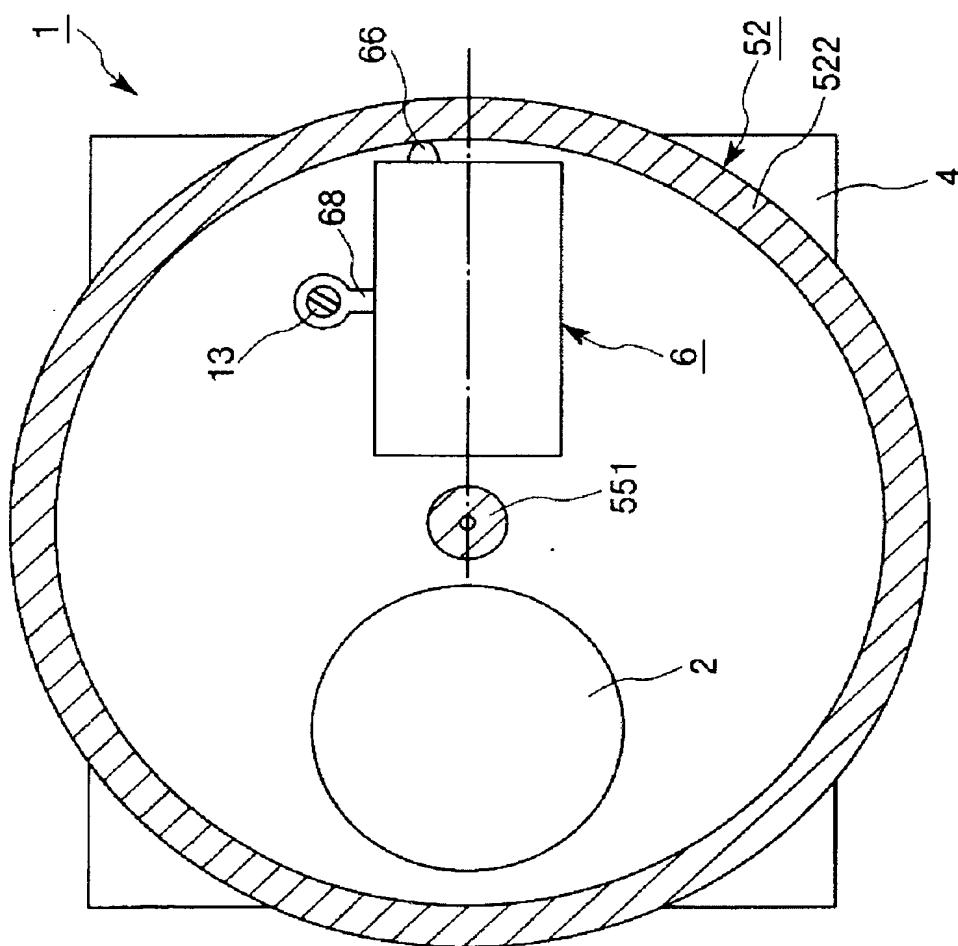
【図31】



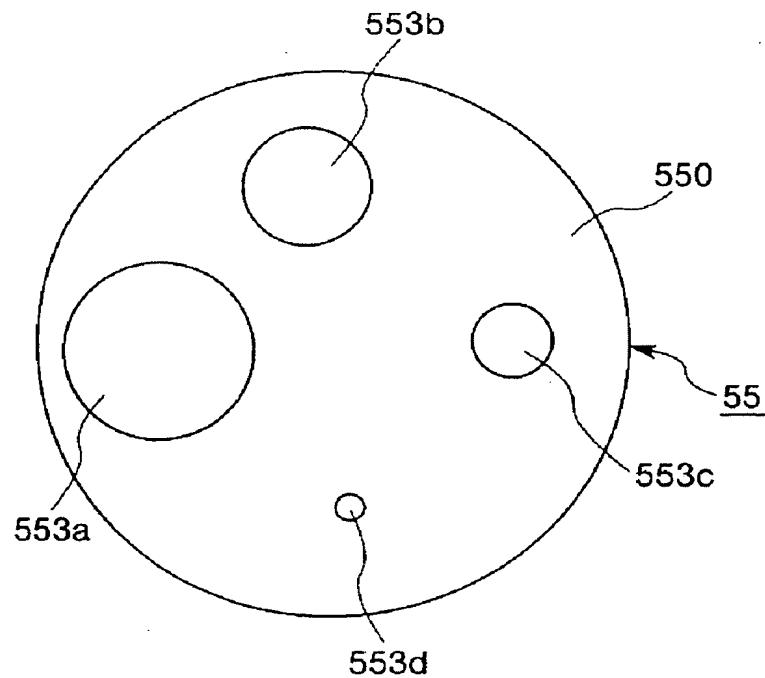
【図32】



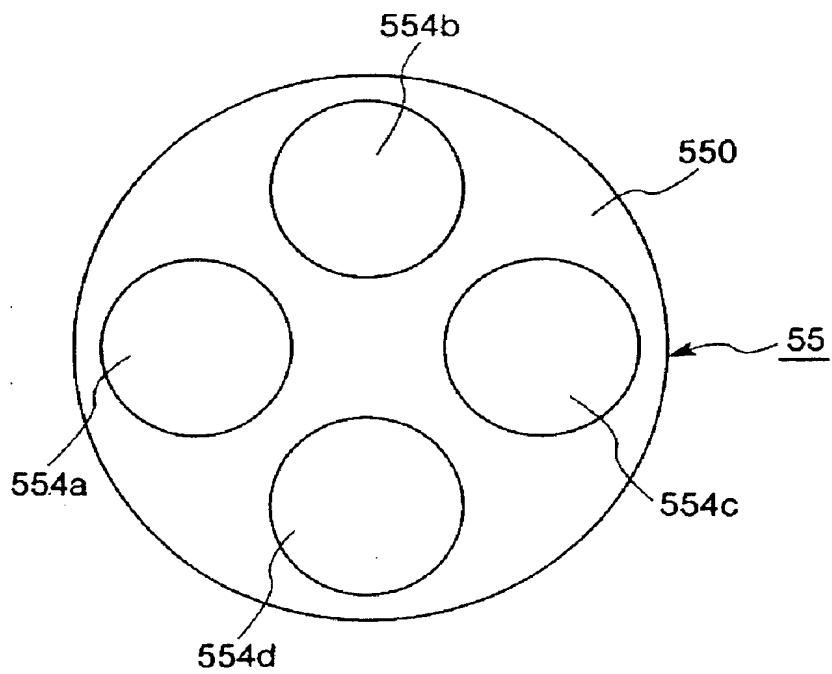
【図33】



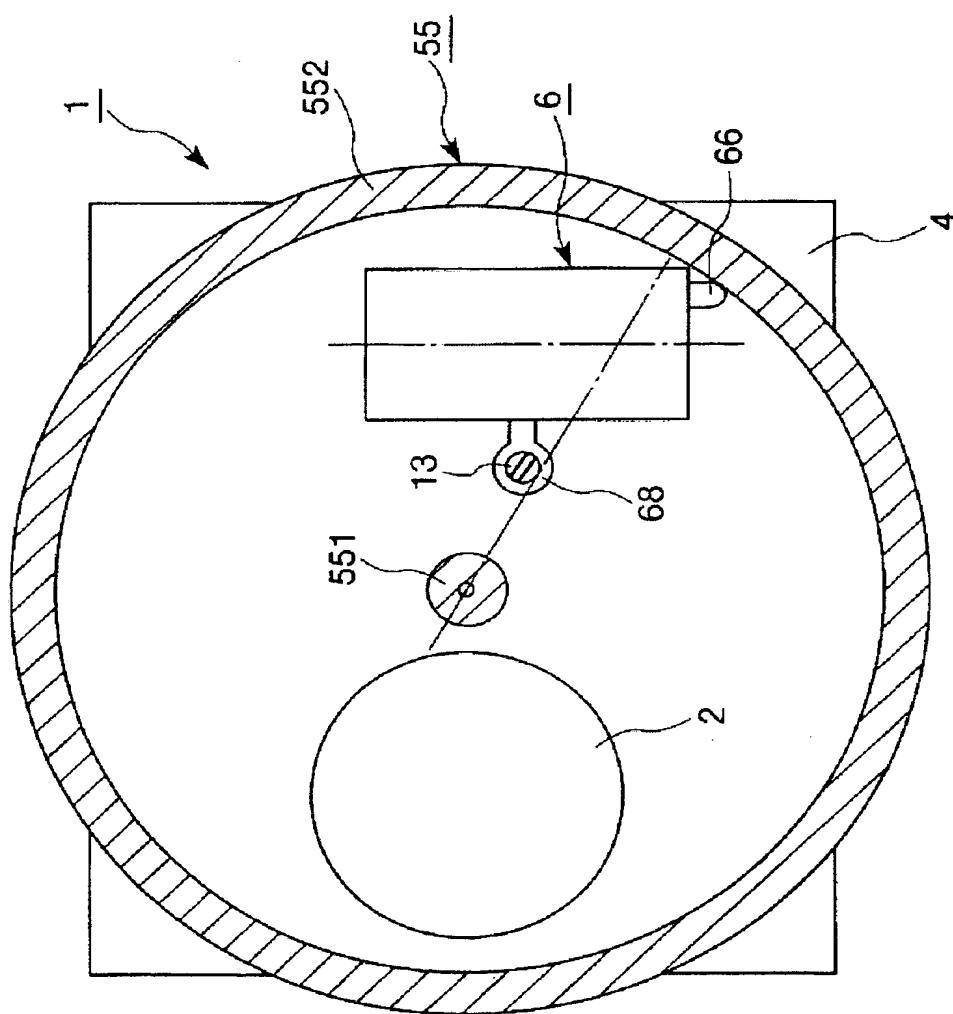
【図 3 4】



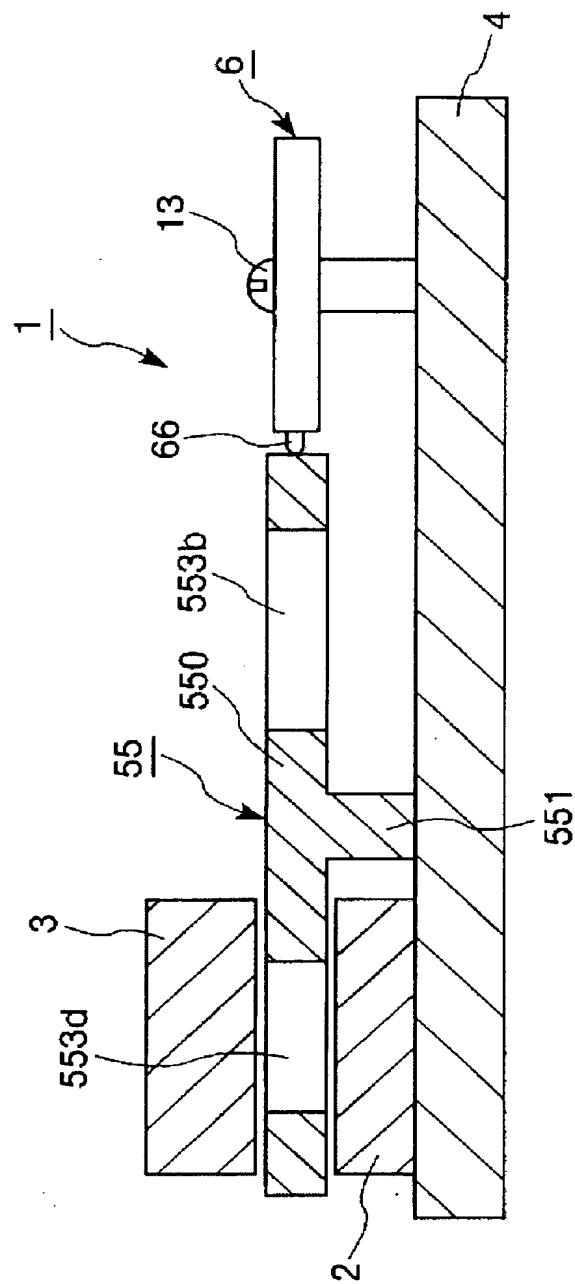
【図 3 5】



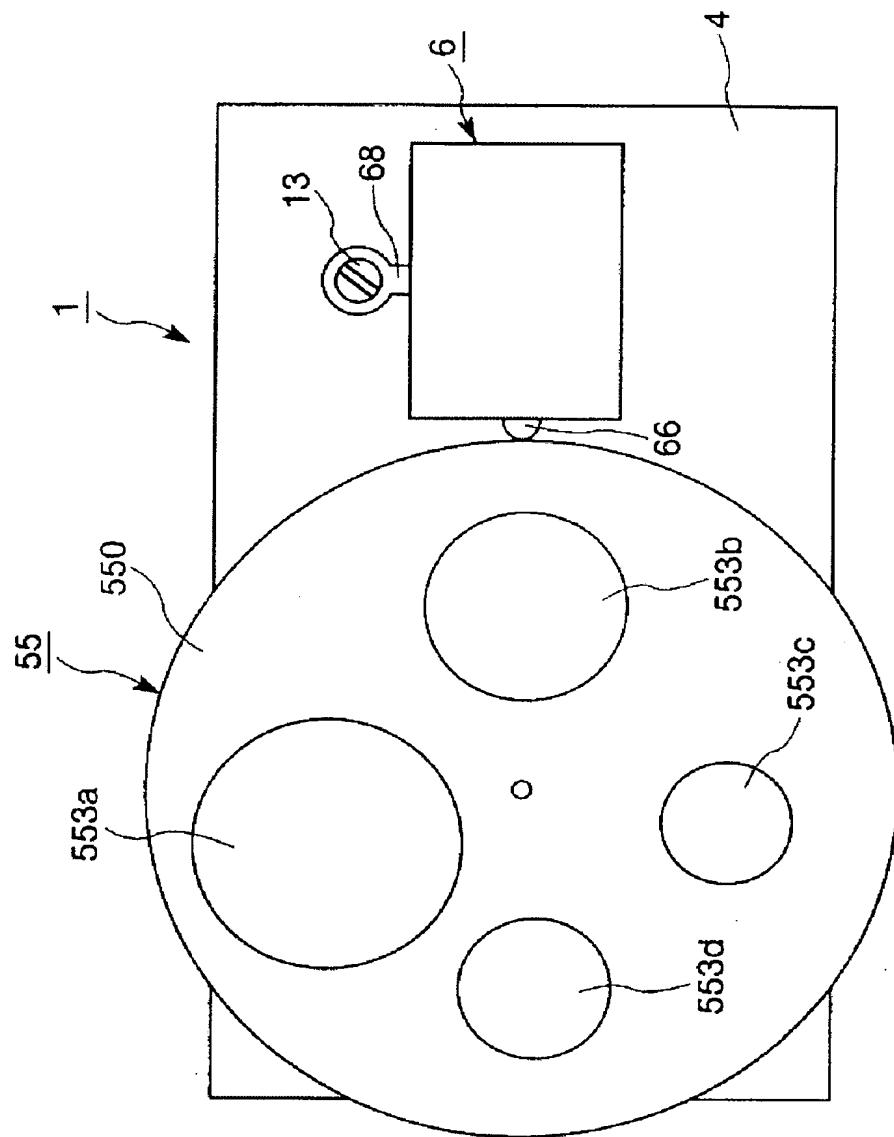
【図36】



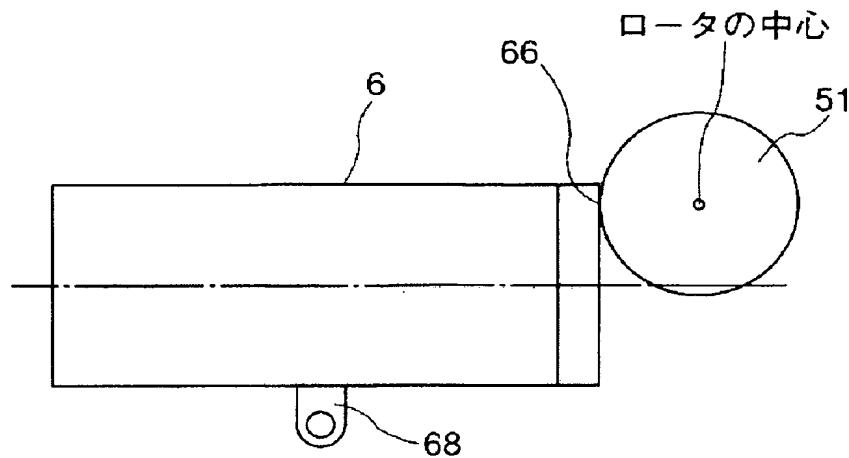
【図37】



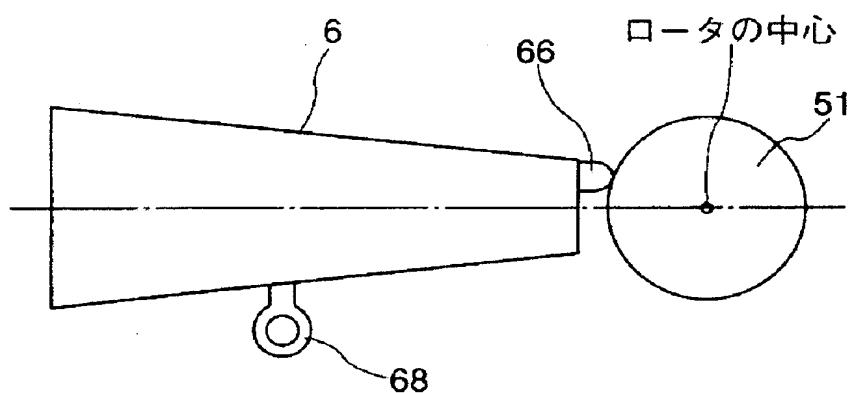
【図38】



【図39】



【図40】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】駆動の確実性を向上すると共に、落下時における駆動ICの破損を効果的に防止（または抑制）できる超音波モータ、稼働装置、光学系切換機構および電気機器を提供すること。

【解決手段】本発明の超音波モータの振動体6は、交流電圧の印加により伸縮する第1圧電素子と、接触部66および腕部68を一体的に形成された補強板と、交流電圧の印加により伸縮する第2圧電素子とをこの順に積層して成る。振動体6は、接触部66にてロータ51に対して当接しつつ、腕部68にてベース4上に固定設置される。そして、接触部66の突出方向における振動体6の本体部の長さ寸法Lは、1～20mmである。

【選択図】図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-055019
受付番号	50300337118
書類名	特許願
担当官	第三担当上席
作成日	009.2 平成15年 3月 3日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 2月28日
-------	-------------

次頁無

特願 2003-055019

出願人履歴情報

識別番号 [000002369]

1. 変更年月日 1990年 8月20日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
氏名 セイコーエプソン株式会社